

**ЕНЕРГЕТИКА, ЕНЕРГЕТИЧНІ ЗАСОБИ,
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ**

УДК 631.3.004:631.333:537.86

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ГЛИБИНОЮ ХОДУ
ГРУНТОРОЗПУШУВАЧА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИННО-
ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА З ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОФІЗИЧНИХ МЕТОДІВ**

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

Анотація

Мета. Технічне забезпечення ефективного розущільнення плужної підшви в сучасних технологіях рослинництва.

Методи. Аналіз сучасних методів моніторингу фізичного стану ґрунту. Синтез технічних засобів для автоматичної зміни ходу розпушувача на основі даних залягання плужної підшви. Математичне моделювання процесу автоматичного керування положенням розпушувача на основі інформації ультразвукового датчика щільності ґрунту.

Результати. Модель системи оперативного та цілеспрямованого керування якістю роботи розущільнювача ґрунту на основі інформації ультразвукового датчика його щільності. Структура радіофізичного пристрою визначення глибини залягання плужної підшви.

Висновки. Рациональний обробіток ґрунту сприяє не лише збереженню енергії і ресурсів, а й

дозволяє більш ефективно вирішити продовольчу та екологічну проблеми людства. Розпушення ґрунтової підшви з використанням автоматизованої системи керування положенням ґрунторозпушувача на основі оперативного радіофізичного моніторингу дозволить зменшити витрати палива до 20% та підвищити продуктивність машини приблизно на 9-10 %. При цьому, зменшується негативний вплив техніки на структуру родючих прошарків ґрунту, а також, за рахунок більш інтенсивного живлення кореневої системи рослин, збільшується урожайність сільськогосподарських культур.

Ключові слова: агротехнології, розпушувач ґрунту, оперативний моніторинг щільності ґрунту, автоматична зміна глибини ходу, технічна система, частотний діапазон, ультразвук, радіохвилі.

UDC 631.3.004:631.333

**AUTOMATIC CONTROL SYSTEM BY SOIL DEPTH COURSE OF AGRICULTURAL
TRACTOR UNITS WITH USING OF RADIO PHYSICAL METHODS**

Mironenko V. G., doc. tech. Sciences, Prof. E-mail: mironenko1952@ukr.net,
tel.: 0973344198

Antypchuk B. O., graduate student – National Scientific Center «IAEE» of the NAAS
of Ukraine

Annotation

Purpose. Technical support effective thinning plow sole crop in modern technologies of the plant growing.

Methods. Analysis of modern methods of monitoring the physical condition of the soil. Synthesis of means to automatically change course ripper based on the occurrence of Plow soles. Mathematical modeling of automatic control provisions ripper based on information ultrasonic sensor density of the soil.

Results. Model of operational and directional control unit quality of soil based on information ultrasonic sensor density. The structure of radiophysics of the device determining the depth of the plow sole.

Conclusions. Rational cultivation of the soil is not only the conservation of energy and resources, but also can more effectively address food and environmental problems of mankind. Loosening soil soles using automated control systems of the provisions of a soil ripper based radiophysics

operational monitoring will reduce fuel consumption up to 20% and increase machine productivity by about 9-10%. This decreases the negative impact of technology on the structure of fertile soil layers, as well as through more intensive power plants root

system, increasing the yield of crops.

Keywords: agricultural technology, raising the soil, operational monitoring soil density, depth automatic change course, the technical system, frequency range, ultrasound, radio waves.

УДК 631.3.004:631.333

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЛУБИНОЙ ХОДА ПОЧВОРЫХЛИТЕЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАДИОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Мироненко В. Г., д.т.н., проф. E-mail: mironenko1952@ukr.net, тел: 0973344198

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

Аннотация

Цель. Техническое обеспечение эффективного разуплотнения плужной подошвы в современных технологиях растениеводства.

Методы. Анализ современных методов мониторинга физического состояния почвы. Синтез технических средств для автоматического изменения хода разрыхлителя на основе данных залегания плужной подошвы. Математическое моделирование процесса автоматического управления положением разрыхлителя на основе информации ультразвукового датчика плотности почвы.

Результаты. Модель системы оперативного и целенаправленного управления качеством работы почворыхлителя на основе информации ультразвукового датчика плотности почвы. Структура радиофизического устройства для определения глубины расположения плужной подошвы.

Постановка проблемы. На сучасне сільськогосподарське виробництво все більший вплив мають фактори зростання обсягів споживання сільськогосподарської продукції, зменшення природної родючості ґрунту, збільшення витрат на матеріальні та енергетичні ресурси виробництва, а також ерозії ґрунтів та їх забруднення. Інтенсивне використання природних ресурсів, у тому числі оранка з оборотом пласту ґрунту, призвело до значних негативних екологічних змін. У таких умовах на зміну традиційним способам обробітку ґрунту та вирощуванню сільськогосподарських культур почали розроблятися та впроваджуватися технології з мінімальним обробітком ґрунту. Проте ці технології, частково вирішуючи зазначені проблеми, мають і свої певні недоліки, наприклад, утворення плужної подошви.

Частіше всього шар плужної подошви простягається вглиб на 25 см. Її формування

Выводы. Рациональная обработка почвы обеспечивает не только экономию энергии и ресурсов, но и позволяет более эффективно решать продовольственную и экологическую проблемы человечества. Рыхление почвенной подошвы с использованием автоматизированной системы управления положением почворыхлителя на основе оперативного радиофизического мониторинга позволяют уменьшить расход топлива до 20% и повысить производительность машины приблизительно на 9-10%. При этом, уменьшается отрицательное влияние техники на структуру плодородных слоев почвы, увеличивается урожайность сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: агротехнологии, разрыхлитель почвы, оперативный мониторинг плотности почвы, автоматическая смена глубины хода, техническая система, частотный диапазон, ультразвук, радиоволны.

викликане використанням важкої техніки у полі та особливостями роботи плуга. Негативним фактором плужної подошви є її вплив на кореневу систему культурної рослини, яка не може проникнути під плужну подошву. Також цей чинник негативно впливає на вологообмін між ґрунтовими шарами.

Мета досліджень. Технічне забезпечення ефективного розуцільнення плужної подошви в сучасних технологіях рослинництва.

Подальше підвищення ефективності рослинництва можливе за рахунок оперативного та цілеспрямованого керування якістю виконання технологічних операцій [3, 13-18]. Це стосується і задачі розуцільнення ґрунту, адже ґрунт – це складний багатофазовий матеріал від механічних характеристик якого, значною мірою, залежать і агрономічні властивості.

Об'єкти та методи досліджень. На сьогоднішній день існують деякі рішення по оптимізації та покращенню ефективності виконання процесу розушільнення ґрунту.

Одним з таких рішень є використання щільномірів ґрунту (рис 1). Це пристрої, які вимірюють щільність / опір ґрунту при

введенні його в сам ґрунт. Завдяки цим пристроям можна підвищити сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин, підвищити ефективність мінеральних добрив, зменшити енергозатрати затрати на обробіток ґрунту, а також час та кошти.



Рис. 1. Щільноміри ґрунту
Fig. 1. Devices for measuring the density of soil

Однак такими пристроями провести аналіз всієї площі поля на ущільнення ґрунту дуже складно, і просто неможливо їх використання для оперативної зміни глибини ходу ґрунторозпушувачів залежно від глибини залягання плужної підшви.

В роботах [7-11] представлені різноманітні пристрої регулювання глибиною ходу ґрунторозпушувачів серед яких, як механічні, так і виконані на базі аналогових пристроїв. Однак, такі пристрої володіють рядом суттєвих недоліків, насамперед вони мають дуже складні конструкції, низьку достовірність контролю глибини залягання ущільненого шару ґрунту та ходу робочих органів машини, а також високу вартість.

Тому основною метою досліджень з цього питання на сьогоднішній день є застосування радіофізичних методів дослідження механічних і фізичних властивостей ґрунту, які базуються на ультразвуковому випромінюванні. Насамперед, це метод безперервного радіохвильового профілювання в русі [1]. З точки зору розповсюдження радіохвиль, ґрунт є сильно поглинаючим середовищем, але враховуючи частотну залежність погонного затухання і особливо фазову швидкість розповсюдження радіохвиль (частотну дисперсію) в ґрунті, яка зумовлена, зокрема, частотною залежністю його електричних характеристик, цілком можливо провести необхідні дослідження на різних ділянках поля, яке обробляється (таблиця).

Табл. 1. Електрофізичні параметри деяких середовищ
Tabl. 1. Electrophysical parameters of some environment

Середовище	Відносна діелектрична проникність	Питоме затухання, дБ/м	Швидкість розповсюдження хвиль, м/нс
Повітря	1	0	0,300
Пісок вологий	20-30	0,5-5	0,055-0,067
Пісок сухий	4-6	0,01-1,5	0,122-0,150
Суглинок вологий	10-20		0,067-0,095
Суглинок сухий	4-6		0,122-0,150
Глина волога	19-27	25-110	0,058-0,069
Глина суха	2-7	3-14	0,113-0,212
Торф	50-78		0,034-0,042
Вода прісна	81	0,10	0,033

Відомі різноманітні моделі електричних характеристик порід ґрунту для різних частотних діапазонів [4-6, 19, 20].

Результати досліджень. Машинно-тракторний агрегат з автоматизованою системою керування положенням ґрунторозпу-

шувача (рис. 2) дозволяє проводити обробіток ґрунту на глибині залягання плужної підшви, яка оперативно визначається в процесі роботи радіофізичним методом ультразвукового випромінювання.

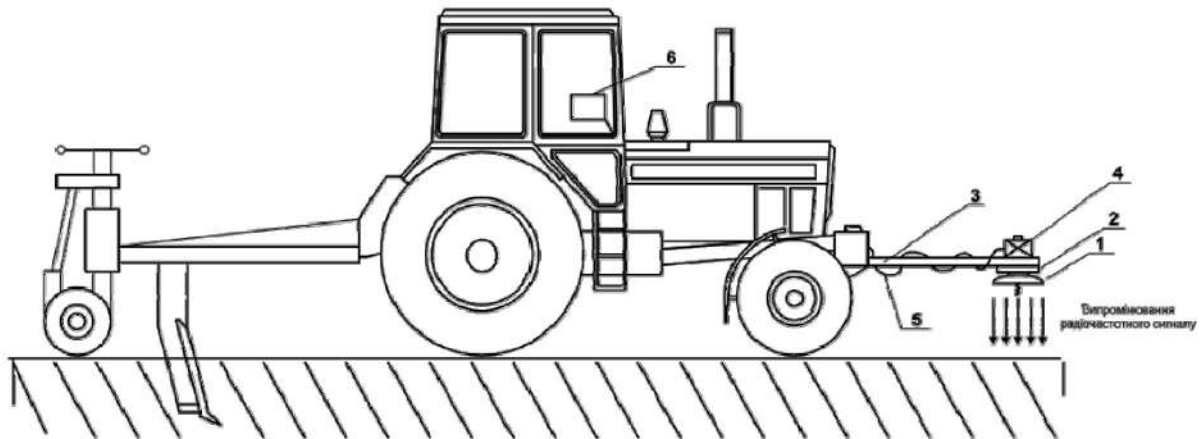


Рис. 2. Схема МТА з автоматизованою системою ґрунторозпушування:

1 – первинний перетворювач глибини залягання плужної підшви; 2 – радіоприймально-передавальний пристрій; 3 – рама пристрою; 4 – датчик визначення твердості ґрунту; 5 – система кабелів живлення та передачі інформації на блок індикації та керування; 6 – блок індикації та керування

Fig. 2. Scheme for MTA with automatic soil ripper: 1 – the primary transducer depth of soles; 2 – transmitting device; 3-frame device; 4-sensor determining the hardness of the soil; 5 – system power and transmission of information on the unit indication and management; 6-unit indication and control

Пристрій визначення глибини залягання плужної підшви містить первинний перетворювач глибини залягання плужної підшви 1, що разом з датчиком визначення твердості ґрунту 4, радіоприймально-передавальним пристроєм 2 та блоком індикації і керування 6 забезпечують формування керуючих дій на виконавчий механізм висоти установки розпушувача. Первинний перетворювач являє собою систему із двох антен (приймальної та передавальної), а також датчиків переміщення та виміру шляху, які виконують роль прив'язки до місцевості. Первинний перетворювач, радіоприймально-передавальний пристрій та датчик визначення щільності ґрунту кріпляться до рами пристрою 3.

Передавач (генератор імпульсів) радіоприймально-передавального пристрою генерує радіочастотний сигнал у вигляді імпульсів та за допомогою передавальної антени первинного перетворювача випромінює їх у шар ґрунту. Імпульси відбиваються від ущільненого шару ґрунту та приймаються

приймальною антеною первинного перетворювача, далі приймачем радіоприймально-передавального пристрою вони підсилюються та оцифровуються і надходять до датчика визначення глибини твердості ґрунту разом з даними від датчиків переміщення та виміру шляху. Датчик визначення твердості ґрунту являє собою мікроконтролер, який обробляє всю інформацію, що надходить до нього і видає у вигляді зображення на дисплеї блоку індикації, відповідно до якого водій збільшує або зменшує глибину ходу ґрунторозпушувача.

Використання радіофізичних методів для дослідження механічних, хімічних і фізичних властивостей ґрунту дає можливість виявляти не лише ущільнені ділянки поля, що обробляється, а й вакуумні порожнини (ями), що дозволить уникнути поверхневого розпушення.

Попередні розрахунки показують, що розроблений пристрій для автоматичного керування глибиною ходу ґрунторозпушувача сільськогосподарського машинно-трактор-

ного агрегату дає змогу отримувати інформацію і приймати оперативні рішення по раціональній глибині обробітку ґрунту в процесі його розпушування ґрунтообробними знаряддями, що забезпечує зменшення витрати палива до 20%, підвищення продуктив-

ності машини приблизно на 9-10 % при заданій якості обробітку ґрунту.

На рис.3 представлено відомі дані про можливу зміну урожайності зернових культур залежно від щільності ґрунту [2, 12].

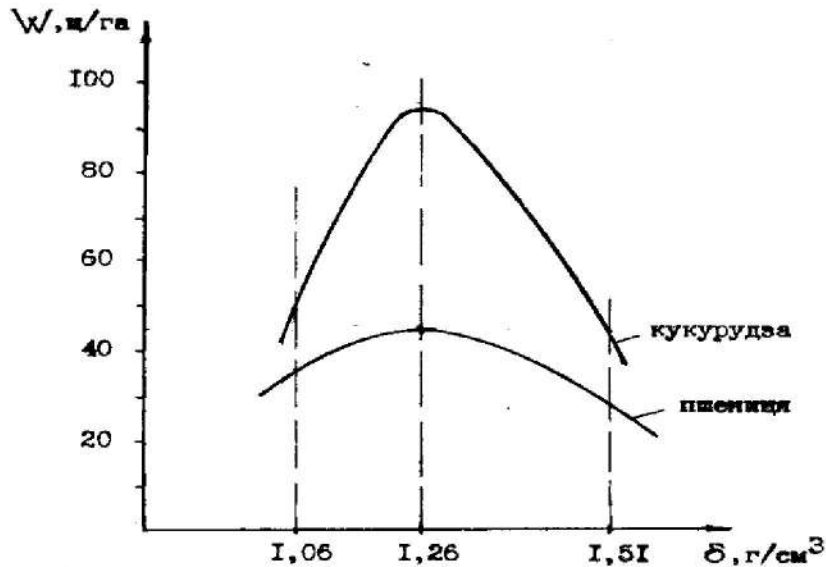


Рис. 3. Залежності урожайності зернових культур від щільності ґрунту
 Fig. 3. Denending on yield of grain crops from the soil density

Висновки

Раціональний обробіток ґрунту сприяє не лише збереженню енергії і ресурсів, а й дозволяє більш ефективно вирішити продовольчу та екологічну проблеми людства. Розпушення ґрунтової підшви з використанням автоматизованої системи керування положенням ґрунторозпушувача на основі оперативного радіофізичного моніторингу

дозволить зменшити витрати палива до 20% та підвищити продуктивність машини приблизно на 9-10 %. При цьому, зменшується негативний вплив техніки на структуру родючих прошарків ґрунту, а також, за рахунок більш інтенсивного живлення кореневої системи рослин, збільшується урожайність сільськогосподарських культур.

Бібліографія

1. Георадиолокація // Википедія. - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Георадиолокация>.
2. Крикунов В. Г. Ґрунти і їх родючість : підручник / В. Г. Крикунов. – К. Вищ. шк., 1993. – 287с. : іл.
3. Мироненко В. Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинництві. Монографія. НАУ – К., 2005. – 271 с.
4. Нерпін С. В., Чудновський А. Ф. Фізика ґрунту / С. В. Нерпін, А. Ф. Чудновський. – М. : Наука, 1967. – 584 с. : іл.
5. Петровський А. Д. Радіоволнові методи в підземній геофізиці / А. Д. Петровський. – М. : Недра, 1971. – 224 с.
6. Сугак В. Г. і др. О противоречии данных подповерхностного зондирования теоретическим моделям диэлектрических характеристик пород ґрунту / В. Г. Сугак, А. В. Бондаренко, А. В. Сугак

// Радиофизика и электроника. – 2012. – Т. 3(17). - № 1. – С. 19-29.

7. Тишанинов Н. П. и др. Устройство для регулирования глубины хода рабочих органов сельскохозяйственных машин / Н. П. Тишанинов, Э. А. Цебоев, Г. Д. Матыцин // Комаров М. К. Справочник по эксплуатации и регулировкам сельскохозяйственных машин. – М. : Россельхозиздат, 1988. - С. 96-98.

8. Устройство автоматического контроля глубины хода рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий : патент 736899 СССР, 3554610/30-15 / Н. И. Пелепягин, А. И. Викторов, Н. М. Неволько, Е. А. Абелев, И. З. Теплинский (SU). - № 1094587 ; заявл. 21.02.83 ; опубл. 30.05.84, Бюл. № 20.

9. Устройство для автоматического регулирования глубины хода рабочих органов : патент 1042637 СССР, 4177490/30-15 / В. М. Тараторкин,

З. Е. Лысенко (SU). - № 1523072 ; заявл. 12.01.87 ; опубл. 23.11.89, Бюл. № 43.

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

11. Устройство для регулирования глубины хода рабочих органов сельскохозяйственных машин: патент 1094587 СССР, 4412913/31-15 / А. Б. Лурье, Е. А. Абедев, И. З. Теплинский, Б. И. Щеткин, В. М. Сало (SU). - № 1554788 ; заявл. 19.04.88 ; опубл. 07.04.90, Бюл. № 13.

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

13. Мироненко В. Г., Броварець О. О. Інтегровані системи автоматичного управління технологічними процесами у рослинництві. / Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. №1 (100). -2015.- С.31-40.

14. Броварець О. О. Інформаційні технології та технічні засоби нового покоління для моніторингу й забезпечення якості виконання технологічних процесів при вирощуванні сільськогосподарських культур / О.О. Броварець // Научно-практичний журнал «Хранение и переработка зерна». - 2013. - № 6 (171). - С. 37-42.

15. Мироненко В. Г. Науково – технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві. Дисертація доктора технічних наук. К., 2006. – 398 с.

16. Мироненко В. Г. Передумови та особливості створення елементів штучного інтелекту в системах оперативного керування АПК. Вісник аграрної науки. – 2016. - №5.- С.47-51.

17. Масло І. П., Мироненко В. Г. Автоматизована система моніторингу родючості ґрунту та локально-дозоване використання хімпрепаратів //Вісник сільськогосподарської науки. – 1998. – №5, – С.56-58.

18. Пастушенко С. И. Оптимизация сельскохозяйственных технических систем // Техніка АПК. – 1999. - №8. – С. 12-15.

19. I. J. Won and Haoping Huang. Magnetometers and electro-magnetometers. THE LEADING EDGE. May 2004. P. 26-29.

20. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. Morari, F.I, Castrignanò, A.2, Pagliarin, C.I. Computers & Electronics in Agriculture; Aug. 2009, Vol. 68 Issue 1, pp.97-107, 11p.

Reference

1. Geological radiolocation // Wikipedia. - [https://ru.wikipedia.org/wiki/Geological radiolocation](https://ru.wikipedia.org/wiki/Geological_radiolocation).

2. Krykunov V. G. Soils and their productivity : textbook / V. G. Krykunov. – K. : High school, 1993. – 287 p. : il.

3. Mironenko V. G. The technical means providing quality implementation of technological processes in the plant growing : monograf / V. G. Mironenko. - K. : NAU, 2005. – 202 p.

4. Nerpin S. V., Chudnovsky A. F. The physics of soil / S. V. Nerpin, A. F. Chudnovsky. – M. : Nauka, 1967. – 584 p. : il.

5. Petrovsky A. D. Radio-wave's methods in the underground geophysics / A. D. Petrovsky. – M. : Nedra, 1971. – 224 p.

6. Sugak V. G. and others. About contradiction indicators of subsurface sounding to theoretical models dielectric characteristics of soil breeds / V. G. Sugak, A. V. Bondarenko, A. V. Sugak // Radio Physics and Electronics. – 2012. – Т. 3(17). - № 1. – pp 19-29.

7. Tishaninov N. P. and others. The device is for regulating depth motion of the working organs of agricultural machines / N. P. Tishaninov, E. A. Tseboev, G. D. Matytsin // Komarov M. K. The handbook is on operation and adjustment of agricultural machines. – M. : Rosselkhozizdat, 1988. – pp. 96-98.

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

9. The device is for automatic regulating depth motion of the working organs : patent 1042637 USSA, 4177490/30-15 / V. M. Taratorkin, Z. E. Lysenko (SU). - № 1523072 ; was stated 12.01.87 ; was published 23.11.89, Bulletin № 43.

10. 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 (SU). - № 1521316 ; ; was stated 21.02.83 ; was published 15.11.89, Bulletin № 42.

11. The device is for regulating depth motion of the working organs of agricultural machines : patent 1094587 USSA, 4412913/31-15 / А. Б. Лурье, Е. А. Абедев, И. З. Теплинский, Б. И. Щеткин, В. М. Сало (SU). - № 1554788 ; was stated 19.04.88 ; was published 07.04.90, Bulletin № 13.

12. Shatilov I. S., Chudnovsky A.f. Agrofizicheskie, agrometeorological and agronomic crop programming fundamentals.-I.: Gidrometeoizdat, 1980.-318s.

13. Mironenko V. G., Brovarec O. O. Integrated system of automatic control of technological processes in the plant. /Mechanization and electrification of agriculture. Issue. № 1 (100). -2015.- pp. 31-40.

14. 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/o. Brovarec //Electro-medicine magazine. -2013. No. 6 (171). - pp. 37-42.

15. Mironenko V. G. Scientific and technical fundamentals of the development of mechanization of controlled quality of execution of technological

processes in the plant. Thesis of doctor of technical sciences. K., 2006. – 398 p.

16. Mironenko V. G. Preconditions and features creation of the artificial intelligence elements in the systems of operational control of agroindustrial manufacture. Bulletin of agricultural science. – 2016. - № 5.- pp. 47-51.

17. Maslo I. P., Mironenko V. G. The automated system of monitoring of the fertility of the soil and locally-dosed use //Bulletin of agricultural science.-1998.-No. 5, pp. 56-58.

18. Pastushenko S. I. Optimizacian technical systems//AGRICULTURAL Equipment. – 1999. - №8. – pp. 12-15.

19. I. J. Won and Haoping Huang. Magneto-meters and electro-magnetometers. THE LEADING EDGE. May 2004. pp. 26-29.

20. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. Morari, F.1, Castrignanò, A.2, Pagliarin, C.1. Computers & Electronics in Agriculture; Aug. 2009, Vol. 68 Issue 1, p.97-107, 11p.

Reference

1. Geological radiolocation // Wikipedia. - [https://ru.wikipedia.org/wiki/Geological radiolocation](https://ru.wikipedia.org/wiki/Geological_radiolocation).

2. Krykunov V. G. Soils and their productivity : textbook / V. G. Krykunov. – K. : High school, 1993. – 287 s. : il.

3. Mironenko V. G. The technical means providing quality implementation of technological processes in the plant growing : monograf / V. G. Mironenko. - K. : NAU, 2005. – 202 s.

4. Nerpin S. V., Chudnovsky A. F. The physics of soil / S. V. Nerpin, A. F. Chudnovsky. – M. : Nauka, 1967. – 584 s. : il.

5. Petrovsky A. D. Radio-wave's methods in the underground geophysics / A. D. Petrovsky. – M. : Nedra, 1971. – 224 s.

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

7. Tishaninov N. P. and others. The device is for regulating depth motion of the working organs of agricultural machines / N. P. Tishaninov, E. A. Tseboev, G. D. Matytsin // Komarov M. K. The handbook is on operation and adjustment of agricultural machines. – M. : Rossel'khozizdat, 1988. – S. 96-98.

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

9. The device is for automatic regulating depth motion of the working organs : patent 1042637 USSA, 4177490/30-15 / V. M. Taratorkin, Z. E. Lysenko (SU). - № 1523072; was stated 12.01.87; was published 23.11.89, Bulletin № 43.

10. 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 (SU). - № 1521316; was stated 21.02.83; was published 15.11.89, Bulletin № 42.

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

12. Shatilov I. S., Chudnovsky A. F. Agro-fizičeskie, agrometeorological and agronomic crop programming fundamentals.-1.: Gidrometeoizdat, 1980.-318s.

13. Integrovani systemy avtomatichnogo upravlinnja texnologichnyx procesiv u roslynnosti. / Mexanizaciya ta electryfikaciya silskogo gospodarstva. – Glevakha: NNC "IMESG." – 2015. Vy'p. 1 (100). S. 31-40.

14. Brovarecz O. O. Informacijni texnologiyi ta texnichni zasoby novogo pokolinnya dlya monitoryngu j zabezpechennya yakosti vykonannya texnologichnyx procesiv pry vyroshhuvanni silskogospodarskyx kultur / O. O. Brovarecz // Nauchno-praktycheskyj zhurnal «Xranenye y pererabotka zerna». – 2013. – № 6 (171). – S. 37-42.

15. Mironenko V. G. Naukovo – texnichni osnovi rozrobki zasobiv mexanizacii z kerovanoyu yakistyu vikonannya texnologichnix procesiv u roslinnictvi. disertaciya doktora texnichnix nauk. – K., 2006. – 398 s.

16. Mironenko V. G. Peredumovi ta osoblivosti stvorenniya elementiv shtuchnogo intelektu v sistemax operativnogo keruvannya apk. Visnik agrarnoi nauki. – 2016. - № 5.- S.47-51.

17. Maslo I. P., Mironenko V. G. Avtomatizovana sistema monitoringu rodyuchosti gruntu ta lokalno-dozovane vikoristannya ximpreparativ //visnik silskogospodarskoï nauki.-1998.-№ 5, S.56-58.

18. Pastuchenko S. I. Optimizaciâ selskohozâjstvennyh technical system//AGRICULTURAL Equipment. – 1999. - №8. – Pp. 12-15.

19. I. J. Won and Haoping Huang. Magneto-meters and electro-magnetometers. THE LEADING EDGE. May 2004. P. 26-29.

20. Application of multivariate geostatistics in delineating management zones within a gravelly vineyard using geo-electrical sensors. Morari, F.1, Castrignanò, A.2, Pagliarin, C.1. Computers & Electronics in Agriculture; Aug. 2009, Vol. 68 Issue 1, p.97-107, 11p.