

УДК 621.3.083.1 : 631.415

И.С. Лактионов¹, М.Ю. Никоненко²¹Донецкий национальный технический университет, г. Красноармейск
кафедра электронной техники²ООО «ФИДЛАЙФ», с. Бараниковка, Кременской р-н, Луганская обл., Украина
e-mail: ivanlaktionov88@mail.ru¹, nikonenko1990@ukr.net²**ПОЛЕВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ С АППАРАТНО-ПРОГРАММНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩЕГО ВЛИЯНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ**

Разработан и реализован макетный образец полевого измерителя кислотности почв. Проведены экспериментальные исследования разработанного измерителя в условиях производственно-технологической лаборатории на основании, которых предложен способ аппаратно-программной компенсации дестабилизирующего влияния естественной влажности на результат измерения рН почвы. Реализация обоснованного способа позволила повысить оперативность полевого анализа почвы на рН минимум в 2 раза и эффективность в 2 раза относительно существующих аналогов. Точность разработанного измерителя рН удовлетворяет требованиям нормативной документации, суммарная абсолютная погрешность измерения кислотности почвы в диапазоне изменения от 5 до 8 ед. составляет $\pm 0,15$ ед., что не превышает допустимого значения $\pm 0,2$ ед.

Ключевые слова: влажность, измеритель, кислотность, оперативность, эффективность.

Общая постановка задачи исследования. В связи с усилением антропогенного воздействия на природные объекты и сокращением площадей естественных ландшафтов возрастает актуальность проблемы сохранения и возобновления ботанического разнообразия. Одним из главных условий ее решения является изучение состояния почв как основной среды обитания сухопутных растений. Проведение оперативного анализа влияния физико-химических свойств почвы на режимы развития интродуцированных растений в тепличных и полевых условиях позволяет выработать научный подход к обоснованию агротехнических приемов по уходу за акклиматизацией и селекцией растений. Априорный анализ физико-химических параметров почв показал, что наивысшим порядком информативности обладают факторы интенсивности и емкости кислотно-основных свойств почвы, которые численно выражаются через показатель рН [1]. Широкий круг дестабилизирующих факторов и эффектов (температура, естественная влажность, приэлектродный эффект, порозность механической структуры и др.), влияющих на показатели оперативности и эффективности измерителя кислотности почвы, не позволили до настоящего времени создать средство измерительного контроля кислотности почвы в полевых условиях (*in vivo*, *in situ* [2, 3]) с необходимыми метрологическими характеристиками [4]. Поэтому, разработка и исследование методов и средств инструментального контроля рН почвы в полевых условиях в реальном масштабе времени с требуемыми метрологическими характеристиками остается актуальной научно-технической задачей [3].

Локализация исследовательской задачи. Целью работы является повышение оперативности и эффективности измерителя кислотности почвы путем разработки способа аппаратно-программной компенсации дестабилизирующего влияния уровня естественной влажности почвы на результат измерения рН в полевых условиях в реальном масштабе времени.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие задачи:

– разработать и исследовать макетный образец измерителя рН почвы, на основании

сформулированных технических требований, в условиях производственно-технологической лаборатории;

- оценить основную и дополнительную от изменения естественной влажности почвы погрешности измерения кислотности почвы;
- разработать способ компенсации дестабилизирующего влияния уровня естественной влажности почвы на результат измерения рН (*in vivo*, *in situ*);
- оценить эффективность разработанного измерителя кислотности с аппаратно-программной компенсацией степени естественной влажности почвы.

Результаты разработки и исследований. На основании предварительных исследований, проведенных методами математического моделирования [5] и поставленных технических требований, разработан макетный образец измерителя кислотности почвы. Данное средство измерительного контроля рН почвы включает в себя следующие функциональные блоки:

1. Основное средство измерения (измерительный канал (ИК) рН почвы) в рабочем диапазоне изменения кислотности от 5 до 8 ед. Данный ИК построен на базе комбинированного стеклянного рН-электрода ЭСК-10601/7 с координатой изопотенциальной точки в середине рабочего диапазона ($pH_{IT}=6,7$ ед.). Измерительная информация о кислотности почвы в виде э.д.с. с выхода датчика поступает на вход аналогового масштабирующего устройства, где преобразуется в унифицированный вид для последующей цифровой обработки.

2. Вспомогательное средство измерения температуры (*t*) (ВСИТ) почвы. В качестве ВСИТ использован мультиметр UT71C в режиме измерения температуры, который обеспечивает суммарную абсолютную погрешность в диапазоне изменения *t* от 10 до 30 °С, не более ± 1 °С.

3. Вспомогательное средство измерения весовой влажности (*W*) почвы, которое обеспечивает суммарную абсолютную погрешность измерения в диапазоне изменения *W* от 30 до 90 %, не более ± 5 % [6].

4. Двухканальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь с функцией записи измерительной информации о детектируемых параметрах в персональный компьютер через USB порт (Arduino Leonardo).

5. Программное обеспечение в среде LabView для сбора и обработки измерительной информации об объекте контроля.

На основании разработанной авторами настоящей статьи методики экспериментальных исследований макетного образца измерителя кислотности почвы, ГВУЗ «ДонНТУ» совместно с ООО «ФИДЛАЙФ» были проведены его испытания в условиях производственно-технологической лаборатории. Данные исследования проводились с целью определения основных метрологических характеристик (основная $\Delta pH_{осн.}$ и дополнительная от фактора влажности почвы $\Delta pH_{ов.}$ составляющие погрешности) средства измерения. Основные положения предложенной методики заключаются в следующей последовательности действий:

1. Проведение калибровки основного средства измерения кислотности почвы по образцовым буферным растворам.

2. Установление контрольных измерительных точек из рабочего диапазона кислотности почвы $pH_1=6,86$ ед. и $pH_2=5,07$ ед. путем добавления в образец почвы карбоната кальция и кислого торфа.

3. Установление начальной влажности исследуемого образца почвы $W_0=10$ % на основании алгоритма, который изложен в ГОСТ 28268-89 «Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений»

4. Изменение весовой влажности почвы в диапазоне от 10 до 90 % с шагом $\Delta W=5$ % путем добавления дистиллированной воды (с целью поддержания постоянства рН анализируемого образца почвы в контрольных точках) известной массы.

5. Детектирование выходного напряжения ИК pH почвы в течении 3-5 мин после

погружения датчика в анализируемую среду с последующим осреднением результатов наблюдений.

6. Измерение кислотности почвы в контрольных точках $pH_1=6,86$ ед. и $pH_2=5,07$ ед. по двум методикам: в почвенном фильтрате ($pH_{\text{фильтр.}}$), приготовленном по ГОСТ 26483-85 «Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО»; при непосредственном погружении рН-электрода в почву с установленным уровнем влажности. В качестве действительного значения кислотности почвы принималось $pH_{\text{фильтр.}}$.

7. Поддержание постоянства температуры почвы 20 ± 1 °С и относительной влажности воздуха помещения лаборатории 60 ± 3 % в условиях проведения эксперимента.

Информационный анализ экспериментальных данных, полученных на основании выше изложенной методики, позволил оценить основные метрологические характеристики разработанного измерителя кислотности почвы.

Абсолютное значение основной погрешности измерения pH почвы ($\Delta pH_{\text{осн.}}$), которое рассчитывалось на основании амплитудного значения шумовой составляющей детектируемого выходного падения напряжения ИК кислотности (при $P=0,95$) по формуле, которая получена из уравнения Никольского-Эйзенмана [2] для стеклянного электрода:

$$\Delta pH_{\text{осн}} = \frac{-U_{\text{ВЫХ.рН}}^{\text{ШУМ.}} / K_{\text{П}} + E_{\text{И}} + (54,197 + 0,1984 \cdot t) \cdot pH_{\text{И}} - [E_{\text{ЭС}} - \alpha_{\text{ЭС}} \cdot (20 - t)]}{(54,197 + 0,1984 \cdot t)}, \quad (1)$$

где $U_{\text{ВЫХ.рН}}^{\text{ШУМ.}}$ – шумовая составляющая детектируемого напряжения, мВ; $K_{\text{П}}$ – суммарный коэффициент передачи аналоговой части ИК рН почвы; $E_{\text{И}}$, $pH_{\text{И}}$ – координаты изопотенциальной точки, ед.; t – температура почвы, °С; $E_{\text{ЭС}}$ – потенциал электрода сравнения, мВ; $\alpha_{\text{ЭС}}$ – температурный коэффициент электрода сравнения, 1/°С.

Абсолютная дополнительная погрешность измерения pH почвы от фактора влажности ($\Delta pH_{\text{доп.}}^W$) рассчитывалась, как разность между результатами измерений по методике ГОСТ 26483-85 ($pH_{\text{фильтр.}}$) и при непосредственном погружении рН-электрода в почву с установленным уровнем влажности ($pH(W)$), по формуле:

$$\Delta pH_{\text{доп.}}^W = pH_{\text{фильтр.}} - pH(W). \quad (2)$$

Результаты расчетов оценочных значений основной (1), дополнительной (2) и суммарной геометрической [7] погрешностей представлены на рис. 1а,б,в (●●●– при фиксированном значении $pH_1=6,86$ ед.; ◆◆◆– при фиксированном значении $pH_2=5,07$ ед.;).

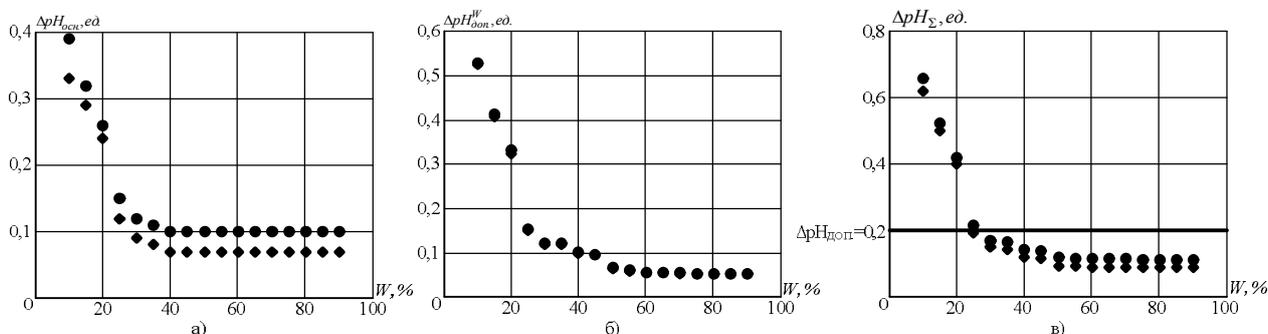


Рисунок 1 – Основные метрологические характеристики разработанного измерителя кислотности почвы (а – основная погрешность; б – дополнительная погрешность; в – суммарная погрешность)

Апостериорный анализ полученных метрологических характеристик измерителя pH почвы позволил сделать следующие промежуточные выводы:

– в диапазоне изменения влажности почвы от 10 до 20 % значение основной абсолютной погрешности составляет от $\pm 0,4$ до $\pm 0,25$ ед. и, как следствие, суммарной от $\pm 0,7$ до $\pm 0,4$ ед. Полученные оценочные значения ΔpH_{Σ} превышают допустимое ГОСТ значение $\pm 0,2$ ед. [4], что свидетельствует о невозможности применения разработанного измерителя для полевого анализа почвы на pH в указанном диапазоне W . Данный факт обусловлен отсутствием установившегося контакта почвенный раствор-электрод.

– в диапазоне изменения влажности почвы от 25 до 90 % значение дополнительной погрешности измерения кислотности от дестабилизирующего влияния влажности составляет от 0,15 до 0,05 ед. (40-60 % от суммарной погрешности) и носит систематический характер (практически не зависит от значения pH);

– численные значения полученных диапазонов изменения $\Delta pH_{осн.}$, $\Delta pH_{дон.}^W$ и ΔpH_{Σ} свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных исследований по разработке метода и средств компенсации дестабилизирующего влияния естественной влажности почвы на результат измерения ее кислотности.

В основу предложенного способа уменьшения дестабилизирующего влияния естественной влажности на результат измерения ее кислотности положен метод аддитивной компенсации погрешности по знаку [7]:

$$pH = pH_{измер.} - \Delta pH_{дон.}^W, \quad (3)$$

где pH – скорректированное значение кислотности почвы с учетом поправки на ее влажность, ед.; $pH_{измер.}$ – измеренное значение кислотности, ед.; $\Delta pH_{дон.}^W$ – дополнительная погрешность измерения кислотности почвы от фактора влажности, ед.

На основании структурного подхода к коррекции погрешностей [8], в соответствии с принципом инвариантности, корректирующее воздействие должно генерироваться в ИК влажности почвы [9]. Разработанные ранее авторами статьи ИК влажности почвы вместе с ИК кислотности на правах подсистемы являются структурными единицами системы контроля физико-химических параметров почвы.

Получена аналитическая зависимость вида $\Delta pH_{дон.}^W = f(W)$ для аппаратно-программной реализации способа компенсации дестабилизирующего влияния уровня естественной влажности почвы на результат измерения ее кислотности является. Данная функциональная зависимость была получена путем аппроксимации экспериментальных данных представленных на рис. 1, б, полиномом второй степени с относительной погрешностью аппроксимации, не более ± 5 %:

$$\Delta pH_{дон.}^W = 3,586 \cdot 10^{-5} \cdot W^2 - 5,542 \cdot 10^{-3} \cdot W + 0,263, \quad (4)$$

где W – результат измерения весовой влажности почвы, %.

Путем подстановки (4) в (3), получена аналитическая зависимость (5), которая позволяет реализовать программную составляющую аппаратно-программной компенсации дестабилизирующего влияния естественной влажности почвы на результат измерения ее кислотности:

$$pH = pH_{измер.} - 3,586 \cdot 10^{-5} \cdot W^2 + 5,542 \cdot 10^{-3} \cdot W - 0,263. \quad (5)$$

Таким образом, предложенная аппаратно-программная реализация измерителя позволяет выполнять оперативный контроль кислотности почвы в полевых условиях с требуемыми метрологическими показателями [4], суммарная погрешность измерения в диапазоне изменения pH от 5 до 8 ед. – не более $\pm 0,15$ ед. (с учетом дополнительной погрешности от изменения температуры в рабочем диапазоне от 10 до 30 °С).

Информационный анализ результатов экспериментальных исследований разработанного измерителя кислотности почвы, проведенных в условиях производственно-технологической лаборатории ООО «ФИДЛАЙФ», позволил оценить эффективность полевого измерителя pH почвы. Для проведения сравнительной характеристики существующих измерителей pH почвы и разработанного макетного образца предложено использовать критерий (6), который получен на основании метода аналогий из выражения для информационной пропускной способности измерительной системы [10]:

$$K_{eff} = \frac{1}{\Delta t} \log_2 \left(\frac{pH_{max} - pH_{min}}{2 \cdot \Delta pH_{\Sigma}} \right) \cdot \frac{K_1}{K_2}, \quad (6)$$

где K_{eff} – показатель эффективности измерителя pH почвы, бит/мин; Δt – показатель оперативности измерителя (временной промежуток, требуемый на проведение анализа почвы на pH), мин; pH_{max} , pH_{min} – верхняя и нижняя границы диапазона измерения кислотности почвы, ед.; ΔpH_{Σ} – суммарная абсолютная погрешность измерения кислотности почвы, ед.; K_1 , K_2 – весовые коэффициенты функции эффективности, которые отвечают за точность и оперативность процедур получения измерительной информации о pH почвы.

В ходе лабораторных испытаний разработанного измерителя кислотности почвы были установлены численные значения аргументов функции (6):

- оперативность измерительного процесса определения pH почвы составляет, не более 7 мин, что минимум в 2 раза выше, чем у существующих аналогов – от 15 до 30 мин [1];
- диапазон измерения pH почвы: от 5 до 8 ед.;
- суммарная абсолютная погрешность, не более $\pm 0,15$ ед.;
- численные значения весовых коэффициентов, полученных на основании экспертных оценок с последующей квалитметрической обработкой: $K_1=0,75$; $K_2=0,25$.

Таким образом, на основании формулы (6) проведена сравнительная характеристика показателей эффективности разработанного измерителя и существующих аналогов:

- существующие аналоги:

$$K_{eff} = \frac{1}{22} \log_2 \left(\frac{9 - 3}{2 \cdot 0,1} \right) \cdot \frac{0,75}{0,25} = 0,7 \text{ (бит/мин);}$$

- разработанный макетный образец измерителя:

$$K_{eff} = \frac{1}{7} \log_2 \left(\frac{8 - 5}{2 \cdot 0,15} \right) \cdot \frac{0,75}{0,25} = 1,4 \text{ (бит/мин).}$$

Повышение эффективности разработанного измерителя pH с аппаратно-программной компенсацией дестабилизирующего влияния естественной влажности почвы в 2 раза достигается за счет улучшения параметра оперативности измерительного процесса от 15-30 мин (для существующих аналогов) до 7 мин (для разработанного макетного образца) с необходимыми показателями точности измерения. Повышение оперативности минимум в 2 раза относительно существующих аналогов обусловлено отсутствием необходимости в проведении

процедур пробоотбора и пробоподготовки почвенных образцов.

Выводы.

1. На основании поставленных технических требований разработан и реализован макетный образец полевого измерителя кислотности почвы, который позволяет выполнять оперативный контроль *pH* почвы с необходимыми показателями точности: суммарная абсолютная погрешность измерения *pH* почвы в диапазоне от 5 до 8 ед., не более $\pm 0,15$ ед.

2. В результате лабораторных испытаний макетного образца измерителя *pH* почвы обоснован и сформулирован способ аппаратно-программной компенсации дестабилизирующего влияния естественной влажности почвы на результат измерения ее кислотности, что позволило минимум в 2 раза повысить оперативность процесса измерения *pH*: от 15-30 мин (для существующих аналогов) до 7 мин (для разработанного макетного образца измерителя).

3. Предложенный способ аппаратно-программной компенсации естественной влажности почвы на результат измерения *pH* в полевых условиях позволил повысить эффективность разработанного измерителя кислотности в 2 раза по сравнению с существующими аналогами: от 0,7 бит/мин (для существующих аналогов) до 1,4 бит/мин (для разработанного макетного образца измерителя).

Список использованной литературы

1. Методы контроля качества почвы: учебно-методическое пособие/ Котова Д.Л., Девятова Т.А., Крысанова Т.А. [и др.]; под ред. А.П. Воронина. – Воронеж: ВГУ, 2007. – 106 с.
2. Никольский Б.П. Ионоселективные электроды/ Б.П. Никольский, Е.А. Матерова. – Л.: Химия, 1980. – 240 с.
3. In situ measurement of soil pH [электронный ресурс]/ Journal of Archeological Science. – электронные данные. – режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii>. – дата доступа: январь, 2015. – загл. с экрана.
4. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, *pH* и плотного остатка водной вытяжки: Межгосударственный стандарт ГОСТ 26423-85. – [Действующий от 1986-01-01]. – М.: Стандартиформ, 2011. – 10 с.
5. Лактионов І.С. Розробка вимог та обґрунтування структури приладу вимірювання кислотності ґрунту в польових умовах/ І.С. Лактионов, О.В. Вовна// Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий журнал. – 2012. – Випуск № 18 (189). – с. 162 – 168.
6. Лактионов И.С. Метод повышения эффективности измерителя влажности почвы/ И.С. Лактионов, А.В. Вовна// "Научное приборостроение". – г. Санкт-Петербург, 2014. – Том 24, № 4. – с. 81 – 87.
7. Тартаковский Д.Ф. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. Учебник для вузов/ Д.Ф. Тартаковский, А.С. Ястребов. – М.: Высшая школа, 2001. – 205 с.
8. Туз Ю.М. Структурные методы повышения точности измерительных устройств/ Ю.М. Туз. – К.: Вища школа, 1976. – 266 с.
9. Лактионов И.С. Разработка и исследование макетного образца измерителя влажности почвы/ И.С. Лактионов, В.В. Турупалов//Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту української державної академії залізничного транспорту. – 2014. - № 38. – с. 13 – 19.
10. Вовна О.В. Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система контролю концентрації метану у вугільних шахтах [текст]: автореф. дис. на соиск. науч. степ.канд. тех. наук: спец. 05.13.05 "Компьютерные системы и компоненты"/ О.В. Вовна; Держ. вищ. навч. закл. «Донец. нац. техн. ун-т». – Донецьк, 2009. – 20 с. – укр.

References

1. Kotova, D.L., Devjatova T.A., Krysanova T.A. [and other] pod red. A.P. Voronina (2007), *Metody kontrolja kachestva pochvy: uchebno-metodicheskoe posobie* [Methods of the soil quality control: teaching manual], VGU, Voronezh, Russia.
2. Nikol'skij, B.P., Materova E.A. (1980), *Ionoselektivnye jelektrody* [Ion-selective electrodes], Himija, Leningrad, USSR.
3. Journal of Archeological Science/ In situ measurement of soil pH (2015) Electronic Resources: finding resources by subject [online], Retrieved from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii> (Accessed 15 January 2015).
4. Mezghosudarstvennyj sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii (2011), *GOST 26423-85: Soils. Methods for determination of specific electric conductivity, pH and solid residue of water extract*, Standartinform, Moscow, Russia.
5. Laktionov, I.S. and Vovna O.V. (2012), "Requirements development and structure rationale of the measuring soil acidity device for the field conditions", *Visnik Shidnoukrajins'kogo nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja: Naukovij zhurnal*, no. 18 (189), pp. 162-168.
6. Laktionov, I.S. and Vovna A.V. (2014), "Method for the efficiency improving of the soil moisture meter", *Nauchnoe priborostroenie*, vol. 24, no. 4, pp. 81-87.
7. Tartakovskij, D.F. and Jastrebov A.S. (2001), *Metrologija, standartizacija i tehničeskie sredstva izmerenij. Učebnik dlja vuzov* [Metrology, standardization and technical measurements. University textbook], Vysshaja škola, Moscow, Russia.
8. Tuz, Ju.M. (1976), *Strukturnye metody povyšhenija točnosti izmeritel'nyh ustrojstv* [Structural methods for the accuracy improving of the measuring devices], Vishha škola, Kiev, Ukraine.
9. Laktionov, I.S. and Turupalov V.V. (2014), "Development and research of the soil moisture meter model sample", *Zbirnik naukovih prac' Donec'kogo institutu zalizničnogo transportu ukrajins'koyi derzhavnoyi akademiji zalizničnogo transportu*, no. 38, pp. 13-19.
10. Vovna, O.V. (2009), *Computer information-measuring system of control of methane concentration in coal mines*, Abstract of Ph.D. dissertation, Kompyuternye sistemy i komponentyi, Donets. nats. tehn. un-t, Doneck, Ukraine.

Поступила в редакцію
10.03.2015

Рецензент
д-р техн. наук, проф. А.А. Зори

І.С. Лактіонов¹, М.Ю. Никоненко²

¹ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Красноармійськ, Україна

²ТОВ «ФІДЛАЙФ», с. Бараниківка, Кременський р-н, Луганська обл., Україна

Польовий вимірювач кислотності ґрунтів з апаратно-програмною компенсацією дестабілізуючого впливу природної вологості. Розроблено та реалізовано макетний зразок польового вимірювача кислотності ґрунтів. Проведено експериментальні дослідження розробленого вимірювача в умовах виробничо-технологічної лабораторії на підставі, яких запропоновано спосіб апаратно-програмної компенсації дестабілізуючого впливу природної вологості на результат вимірювання рН ґрунту. Реалізація обґрунтованого способу дозволила підвищити оперативність польового аналізу ґрунту на рН мінімум в 2 рази та ефективність в 2 рази відносно існуючих аналогів. Точність розробленого вимірювача рН задовольняє вимогам нормативної документації, сумарна абсолютна похибка вимірювання кислотності ґрунту в діапазоні зміни від 5 до 8 од. складає $\pm 0,15$ од., що не перевищує допустимого значення $\pm 0,2$ од.

Ключові слова: вимірювач, кислотність, вологість, оперативність, ефективність.

I.S. Laktionov¹, M. Yu. Nikonenko²

¹*Donetsk National Technical University*

²*"Feed & Life"*

Soil acidity field meter with hardware and software natural moisture destabilizing effect compensation. *A priori analysis of the soil physical and chemical properties indicated that the capacity and intensity of the soil acid-base properties have the highest informative order. These parameters are numerically expressed in the pH terms. A wide range of the destabilizing factors and effects (temperature, natural moisture, electrode effects, mechanical structure porosity, etc.), affecting on the inertia and efficiency of the soil acidity meter, do not allowed to create a highly effective soil pH meter in the field conditions with the necessary metrological characteristics. This problem may be solved by developing the hardware and software compensating method of the natural moisture content destabilizing effect on the soil pH measurement result in the field conditions online. Based on the theoretical research model-sample of the soil acidity field meter has been developed and implemented. It allows performing the soil pH with the necessary accuracy. Total absolute error of the soil pH is no more $\pm 0,15$ units in the acid measurement range from 5 to 8 units. The main provisions of the hardware and software compensation method of the destabilizing soil moisture influence on the acidity measurement were grounded on the soil pH model-sample meter laboratory tests result. These studies have increased the pH measuring process inertia by 2-4 times from 15-30 minutes (for existing analogues) to 7 minutes (for the developed model-sample). The proposed method of software and hardware natural humidity compensation on the soil pH measurement result has enhanced the efficiency of the developed acidity meter by 2 times compared with existing analogs from 0.7 bits/min (for the existing analogue) to 1,4 bits/min (for developed model-sample). The efficiency increase by 2 times compared to existing analogues is caused by the lack of the need to conduct sampling selection and preparation procedures.*

Keywords: meter, acidity, moisture, inertia, efficiency.



Лактионов Иван Сергеевич, Украина, окончил Донецкий национальный технический университет, аспирант кафедры электронной техники ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет» (пл. Шибанкова, 2, г. Красноармейск, 85300, Украина). Основное направление научной деятельности – повышение эффективности информационно-измерительных систем контроля физико-химических параметров окружающей среды.



Никоненко Маргарита Юрьевна, Украина, окончила Донецкий национальный технический университет, начальник производственно-технологической лаборатории ООО «ФИДЛАЙФ» (ул. Заречная, 124, с. Бараниковка, Кременской р-н, Луганская обл., 92913, Украина). Основное направление научной деятельности – экспериментальные исследования химических и физических характеристик сельскохозяйственных объектов.