

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ЕКСПРЕС-АНАЛІЗУ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТІВ

**Павлишин М.**, д-р техн. наук, проф., НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського»,  
<https://orcid.org/0000-0003-4223-4828>

**Литовченко А.**, канд. екон. наук,  
<https://orcid.org/0000-0001-6818-756X>

ТОВ «Інноваційна компанія Біонвест-Агро»

**Гусар І.**, e-mail: [gusaririna19@gmail.com](mailto:gusaririna19@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-58724672>  
ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

### Анотація

**Мета роботи.** Дослідження та розроблення апаратно-програмних засобів для експрес-аналізу параметрів ґрунтів.

**Методи досліджень:** моделювання; методи безпосередніх вимірювань у польових експериментах; аналітичні методи обробки результатів вимірювання; експертні оцінювання; прогнозування.

**Результати.** Запропоновані апаратно-програмні засоби дають змогу:

1. Вимірювати такі параметри ґрунтів:

- вологість ґрунту в діапазоні від 10 до 95 %;
- температуру ґрунту в діапазоні від 0 до 100 градусів Цельсія;
- рН ґрунту в діапазоні від 0 до 14 водневих одиниць;
- електропровідність ґрунту (стандартні вимоги);
- концентрацію CO<sub>2</sub> та CH<sub>4</sub> над поверхнею ґрунту (міжнародні стандартні методики) в діапазоні від 10 до 3000 ppm.

2. Виконувати обробку результатів вимірювання за заданими та змінними алгоритмами.

3. Формувати інтегральну оцінку поточного стану ґрунту.

4. Прогнозувати можливі зміни стану ґрунту в коротко- та середньостроковій перспективі.

**Висновки.** Використання розробленої авторами інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) дає змогу оперативно отримувати результати про поточний стан ґрунтів, а саме: температури ґрунту, вологості ґрунту, рН показника та електропровідності на необхідних глибинах. Часові затрати на отримання такої інтегральної характеристики складає максимум 5 хвилин, що надає суттєві переваги перед традиційними методиками аналізу параметрів ґрунту, суттєво підвищує ефективність процесів вимірювання і робить доступним вимірювання параметрів безпосередньо на полі агрономами або технологами.

На цьому етапі система протестована та готова до використання. Інтерфейсом користувача можна встановити критичні параметри ґрунту, з виходом за які система надсилає сповіщення на станцію (або користувачу). Також, уводячи у відповідні поля параметр для аналізу, система показує до якої групи можна віднести теперішні дані.

Окрім цього, дані з датчиків можна записати на зовнішню пам'ять. Це допомагає далі у порівнянні і веденні статистики та спрощує аналіз змін ґрунту і дає змогу робити прогнози.

Інформаційно-вимірювальна система може використовуватись сільськогосподарськими підприємствами та регіональними екологічними підрозділами.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування методів експрес-аналізу параметрів ґрунту з використанням інтелектуальних апаратно-програмних портативних засобів. Потреба в таких ІВС сягає до 1000 штук на рік.

**Ключові слова:** експрес-аналіз, агромоніторинг, моделювання, прогнозування, мікроконтролер, ефективність.

### Постановка проблеми.

Агарна галузь України останні роки демонструє системний динамічний розвиток, збільшення обсягів виробленої продукції, підвищення якості продукції та зменшення затрат на її виробництво [1].

Разом з тим перед сільгоспвиробниками стоїть ряд проблем, а саме:

- постійне прискорення динаміки змін клімату;
- недостатність достовірної інформації про стан та якість агро-ресурсів, насамперед ґрунтів, насіння та засобів живлення і захисту рослин;

- відсутність прогнозованої системної підтримки та інші.

Усі ці проблеми суттєво впливають на процеси планування та вибір оптимальних управлінських і технологічних рішень [2].

Дуже важливою проблемою [1, 3, 4] є відсутність достовірної інформації про стан ґрунтів [5, 6].

**Предмет дослідження.** Традиційні методи вимірювання параметрів ґрунтів базуються на відносно затратних технологіях, які вимагають:

- відбору великої кількості проб ґрунту на полі;
- транспортування цих проб до стаціонарних лабораторій;
- використання ресурсо- та часозатратних методик вимірювання параметрів ґрунту.

Враховуючи перелік необхідних і достатніх для формування управлінських рішень параметрів ґрунту [1,7,8], автори пропонують використовувати портативні інтелектуальні інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) експрес-аналізу параметрів ґрунту.

Структура такої ІВС представлена на рисунку 1.



БПВП – блок первинних вимірювальних перетворювачів, БНП – блок нормуючих пристроїв, МК – мікроконтролер, ДШ - дешифратор, КМ - комутатор

**Рисунок 1** – Структурна схема системи експрес-аналізу ґрунту

**Викладення основного матеріалу.** Блок первинних вимірювальних перетворювачів представляє собою сукупність датчиків:

- температури;
- вологості;
- водневого показника, рН;
- електропровідності;
- концентрації діоксиду вуглецю –  $\text{CO}_2$ ;
- концентрації метану –  $\text{CH}_4$ .

Програмно-апаратна частина системи може розміщуватися в пам'яті зовнішньої ЕОМ (це звичайний ноутбук), чим зменшує вартість самої ІВС. Робота такої ІВС зводиться до почергового під'єднання до мікроконтролера МК – нормованих сигналів від датчиків, перетворенню цих сигналів у цифрові коди, запис цих кодів у внутрішню пам'ять ІВС та наступну обробку результатів вимірювання за заданими алгоритмами.

Особливістю системи є те, що всі датчики можна встановити безпосередньо в точці вимірювання параметрів, а саме, датчики температури, вологості, рН та електропровідності занурюються в ґрунт на необхідні глибини, а датчики  $\text{CO}_2$  та  $\text{CH}_4$  залишаються в повітрі і використовуються відповідно до методів, описаних у [9,10,11,12].

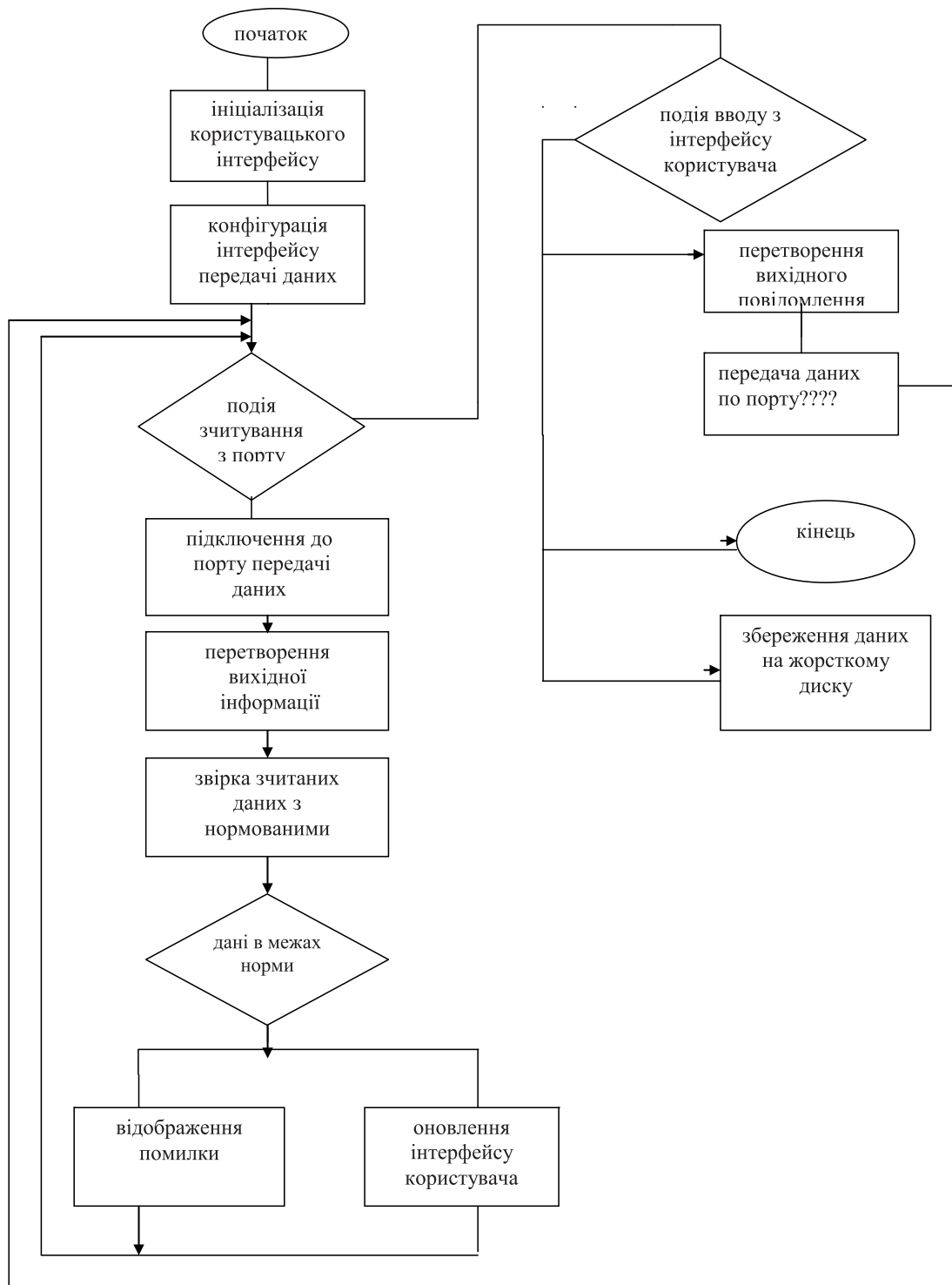


Рисунок 2 – Алгоритм роботи ІВС

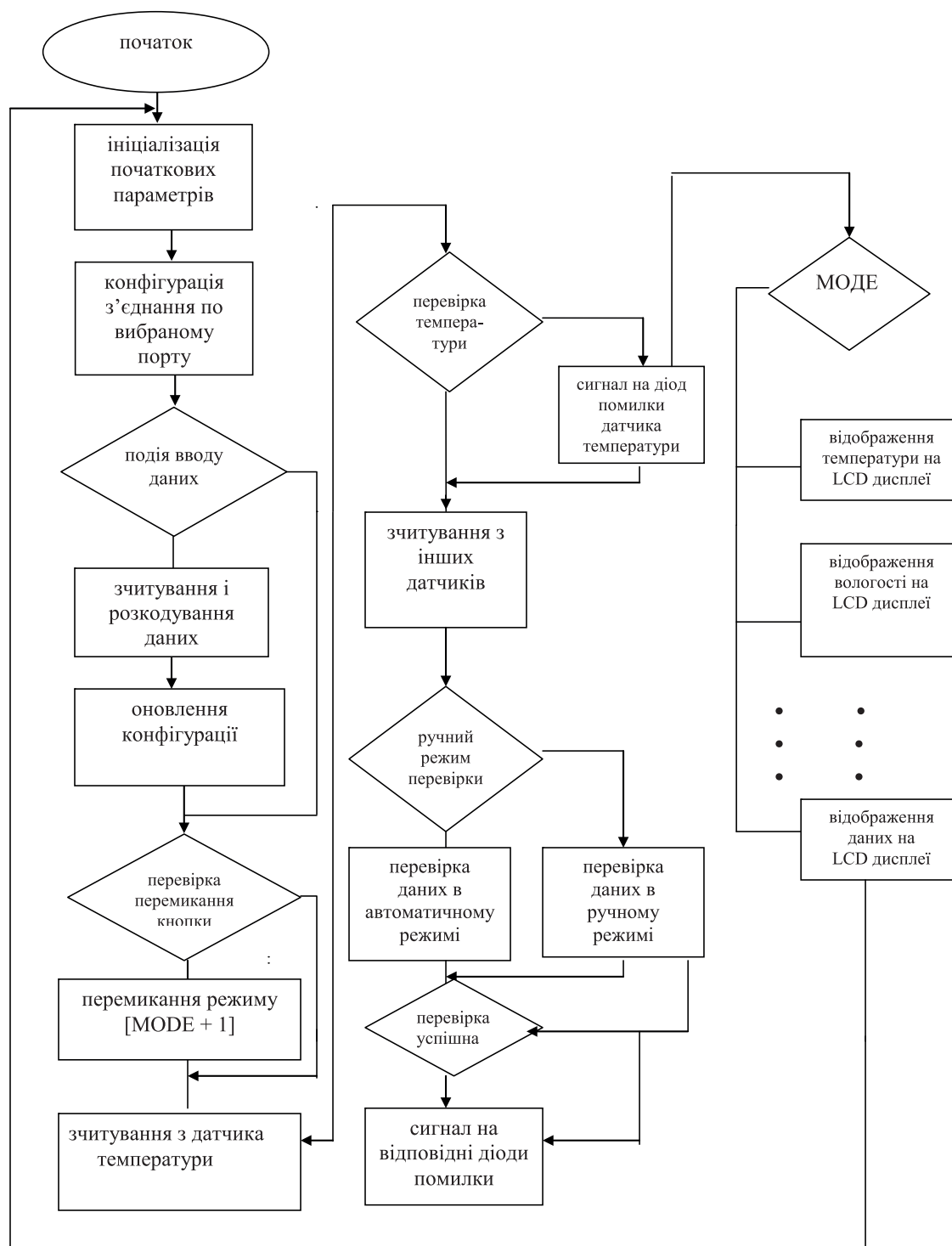
Загальний алгоритм роботи ІВС представлений на рисунку 2.

Важливою особливістю використання такої ІВС є те, що до її складу входить база знань про граничні значення базових параметрів регіональних ґрунтів, тобто ІВС працює не лише з даними, але й із знаннями, тобто є інтелектуальною.

І в процесі обробки результатів вимі-

рювання база знань використовується для класифікації інтегрального поточного стану ґрунту та інформування користувача про можливість використання конкретного ґрунту для вирощування конкретних сільгоспкультур.

Крім цього, система має спеціальне програмне забезпечення, яке (за результатами кількох послідовних вимірювань



**Рисунок 3** – Алгоритм роботи інтерфейсу користувача

параметрів ґрунту в одній і тій же точці через задані інтервали часу) прогнозує можливі зміни поточного стану ґрунту в коротко-та середньостроковій перспективі [1].

Інтерфейс роботи користувача побудований так, що до початку вимірювань користувач може задати граничні значення кожного параметра і сама ІВС, після

обробки результатів вимірювання, поінформує користувача про те, чи знаходиться значення кожного із виміряних параметрів у нормі, чи ні.

Алгоритм роботи інтерфейсу користувача представлений на рисунку 3.

Методика використання ІВС.

Інтерактивний діалоговий режим спілкування користувача та ІВС відбувається

відповідно до алгоритму, наведеного на рисунку 3.

Система працює так.

Після вмикання живлення ІВС, а це відбувається автоматично після під'єднання ІВС через USB інтерфейс до ноутбука, на дисплеї висвітлюються значення температури та вологості атмосферного повітря, (датчики цих параметрів універсальні і поки що не занурені в ґрунт) [5,6]. Ці значення записуються в пам'ять ІВС.

Потім датчики, які вимірюють параметри ґрунту, занурюють у ґрунт на глибину 3-5 см (за необхідності до 20 см) і починається почергове вимірювання всіх параметрів із занесенням результатів у пам'ять ІВС. ІВС сама класифікує поточний стан ґрунту, враховуючи при цьому граничні значення кожного параметра, задані користувачем та поточні значення кожного параметра, отримані в процесі вимірювання.

Класифікація поточного стану ґрунту може мати кілька груп [2].

У демоверсії ІВС, розробленої авторами виділено сім таких груп, в залежності від того, на яку величину відрізняється виміряне значення параметра від заданого.

На рисунку 4 та рисунку 5 наведені скриншоти панелі користувача де відображені можливості, які надає ІВС користувачу.

Інтелектуальна ІВС реалізована на базі мікроконтролера серії ATMEGA328P.

Вибір цього типу мікроконтролера

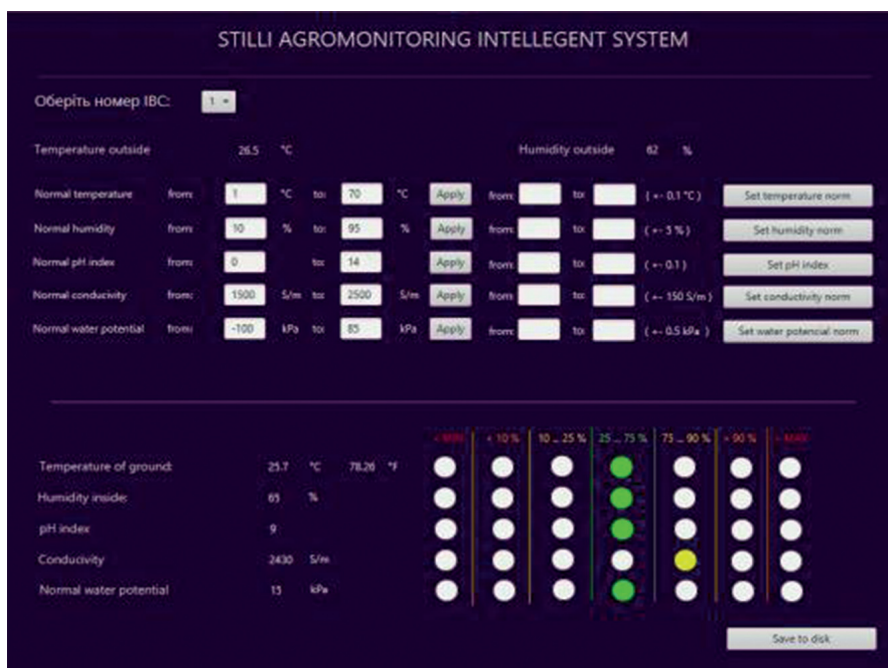


Рисунок 4 – Інтерфейс користувача. Аналіз даних відповідно до груп

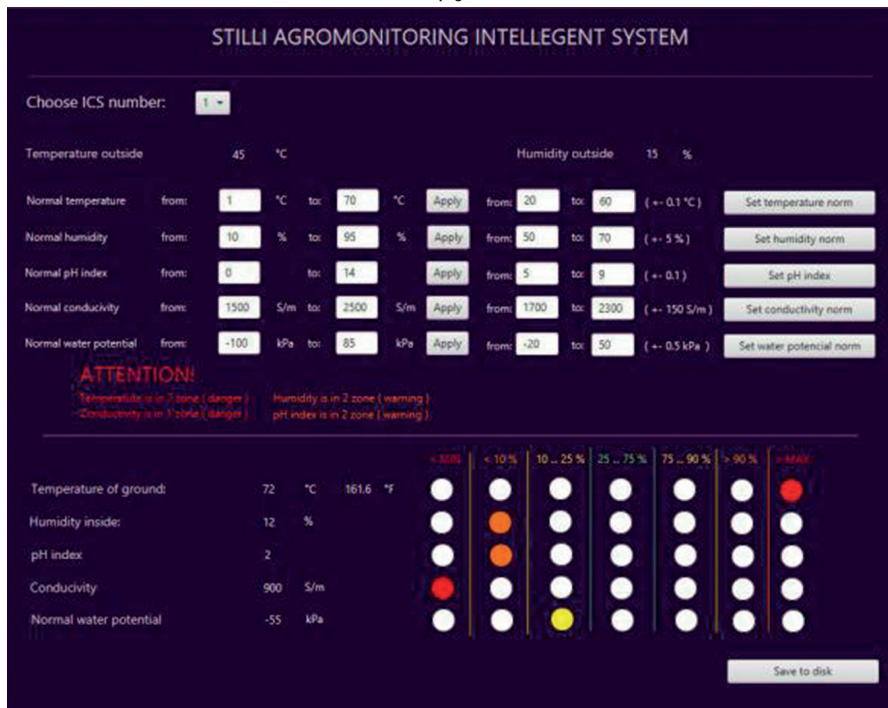


Рисунок 5 – Інтерфейс користувача при даних не відповідних до заданих користувачем меж

обумовлений такими причинами:

- високі технічні характеристики, які відповідають вимогам до мікропроцесорної системи;
- наявність програмного забезпечення (симулятора і компілятора), яке моделює роботу мікроконтролера ATMEGA328P.
- ІВС, побудована на базі цього мікроконтролера, має такі метрологічні та тех-

Таблиця 1 – Метрологічні та технічні характеристики

Канал вимірювання / Характеристика	Температура	Вологість	Водневий показник рН	Водневий потенціал	Електропровідність
Абсолютна похибка	± 0,5 °C	± 5%	± 0,1	± 0,5 кПа	± 300 us/см
Діапазон вимірювання	-55 +125 °C	0% 1000%	0-14 од. рН	-100кПа +85 кПа	0-10000 us/см
Час вимірювання	5s	180s	< 1 min	30s	< 1 min
Живлення датчиків	3,5.....5V	3,5.....5V	5 V	5.....15V	3,6.....30V

нічні характеристики (таблиця 1).

Мікроконтролери сімейства AT-MEGA328P мають модульну структуру, яка реалізується з набору окремих функціональних модулів, які взаємодіють через стандартизовану міжмодульну шину. Набір цих модулів включає:

- 8-канальний таймерний модуль;
- модуль формування ШІМ- сигналів з 2 або 4-ма вихідними каналами;
- модуль послідовного обміну, який включає один або два синхронні інтерфейси ( SCI) і синхронний інтерфейс (SPI) ;
- модуль інтерфейсу CAN-шини;
- модуль інтерфейсу I2C-шини;
- модуль послідовного обміну по протоколу J1850;
- багатоканальний АЦП.

ATMEGA328P містить на одному кристалі практично всі пристрої, необхідні для побудови контролера: процесорний блок, ПЗП і ОЗП, таймери, два послідовні інтерфейси, систему обробки внутрішніх і зовнішніх переривань та обмін даними із зовнішніми об'єктами через лінію вводу / виводу.

Нижче наведено деякі важливі особливості і характеристики ATMEGA328P

- програмний ПЗП об'ємом до 32 kbyte;
- ПЗП з можливістю стирання об'ємом до 4 kbyte;
- ОЗУ об'ємом до 8 kbyte;
- флеш-пам'ять об'ємом до 128 kbyte;
- вбудований 16-бітовий таймер з трьома функціями вимірювання

тимчасових параметрів зовнішнього сигналу і п'ятьма лініями генерації ім-

пульсивних сигналів з програмованими тимчасовими параметрами;

- 8-бітовий лічильник зовнішніх імпульсів;
- пристрої стеження за наявністю тактової частоти і правильністю роботи програми;
- режими зниженого споживання енергії;
- два типи послідовних інтерфейсів ( синхронний і асинхронний);
- система обробки переривань від зовнішнього пристрою, таймера і послідовних інтерфейсів;
- вбудований 10 розрядний АЦП;
- мікроконтролера має аналоговий порт для під'єднання 8 вхідних аналогових сигналів.

Крім цього мікроконтролера ІВС можна реалізувати на мікроконтролерах типу STM 324, або M568HC12.

Можна використати широкий набір датчиків, характеристики яких відповідають вимогам користувача і є сьогодні на ринку.

**Висновки.** Використання розробленої авторами інформаційно- вимірювальної системи дає змогу оперативно отримувати результати про поточний стан ґрунтів, а саме: температури ґрунту, вологості ґрунту, рН показника та електропровідності на необхідних глибинах. Часові затрати на отримання такої інтегральної характеристики складає максимум 5 хвилин, що надає суттєві переваги перед традиційними методиками аналізу параметрів ґрунту, суттєво підвищує ефективність процесів вимірювання і робить доступним вимірювання параметрів безпосередньо на полі

агрономами або технологами.

На цьому етапі система протестована та готова до використання. Через інтерфейс користувача можна встановити критичні параметри ґрунту, у разі виходу за які система надсилає сповіщення на станцію (або користувачу). Також уводячи у відповідні поля параметри для аналізу, система показує до якої групи можна віднести теперішні дані.

Окрім цього, дані з датчиків можна записати на зовнішню пам'ять. Це допомагає в подальшому порівнянні, веденні статистики та спрощує аналіз змін ґрунту і дає змогу робити прогнози.

Інформаційно-вимірювальна система може використовуватись сільськогосподарськими підприємствами та регіональними екологічними підрозділами.

Отримані результати підтверджують доцільність застосування методів експрес-аналізу параметрів ґрунту з використанням інтелектуальних апаратно-програмних портативних засобів.

Потреба в таких ІВС до 1000 штук на рік.

### Література

1. Кравчук В. І. та інші Біосфера, агротехнології, інженерні рішення. Монографія. Укр НДІПВТ ім. Погорілого, Дослідницьке 2015. С. 238.

2. Білоруська енциклопедія: В 18 т. Т.13: Проміле – Релаксін / Редкол.: Пашков Г. П. та ін. М.: БелЕн, 2001. Т.13 С. 105-576 ISBN 985-11-0216-4 ( N/13).

3. Wigner E. On the quantum correction for thermodynamic equilibrium. *Physical Review*, 40 : 749 -759, June 1932.

4. Emran M. Amin, Nemaï C. Karmakar. A Passive RF Sensor for Detecting Simultaneous Partial Discharge Signals Using Time – Frequency Analysis, *Sensors Journal IEEE*, vol.16, no. 8, 2016. P. 2339 - 2348.

5. Шметер С. М. Влажность земли // *Физическая энциклопедия* / Гл. ред. Прохоров А. М., М. Советская энциклопедия, 1988. Т.1. С. 704.

6. Павлишин М., Павлишин М., Гусар

І. Розподілена інтелектуальна система агромоніторингу з використанням інтернет речей // *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2019. Вип 24 (38). С. 214-219.*

7. Усольцев В.А. Измерение влажности. Л. Гидрометеоиздат, 1959.

8. Берлинер М. А. Измерения влажности. Изд. 2-е. перераб. и доп. М.Энергия. 1973.

9. Francois Auger, Paulo Goncalves. Time – Frequency Toolbox For Use with MATLAB / Francois Auger, Patrick Flandrin, Paulo Goncalves, Olivier Lemoine // *Technical documentation. – CNRS ( France), Rice University ( USA), 1996.*

10. Tilp J., Stankovic S. Prediction- based time – varying filtering for speech enhancement in cellular telephony, *Image and Signal Processing and Analysis 2000. IWISPA 2000. Proceedings of the First International Workshop on, 2000. P. 273-278.*

11. Djurovic I., Stankovic L., Ohsumi A., Ijima H. Recursive realization of the robust STFT. *Signal Processing and Its Applications 2003. Proceedings. Seventh International Symposium on, vol. 1, 2003. P. 157-160.*

12. Dakovic M., Ivanovic V., Stankovic L. On the S-method based instantaneous frequency estimation. *Signal Processing and Its Applications 2003. Proceedings. Seventh International Symposium on, vol. 1, 2003. P. 605-608.*

### Literature

1. Kravchuk V. and other Biosphere, agro-technology, engineering solutions. Monograph, L. Pogorilyy Ukr NDIPVT, Doslidnytske 2015. P.238.

2. Belarusian encyclopedia: In 18 vols. Vol.13: Per mille - Relaxin / Editor .: GP Pashkov and others. M .: BelEn, 2001. T.13 P.105-576 ISBN 985-11-0216-4 ( N / 13).

3. Wigner E. On the quantum correction for thermodynamic equilibrium. *Physical Review*, 40: 749 -759, June 1932.

4. Emran M. Amin, Nemaï C. Karmakar.

A Passive RF Sensor for Detecting Simultaneous Partial Discharge Signals Using Time - Frequency Analysis, *Sensors Journal IEEE*, vol.16, no. 8, 2016. P.2339-2348.

5. Schmeter S. Humidity of the earth // *Physical encyclopedia / Ch. ed. Prohorov A. Soviet encyclopedia*, 1988. Vol.1. P. 704.

6. Pavlyshyn M., Pavlyshyn M., Husar I. Distributed intelligent agromonitoring system using the Internet of Things // *Technical and technological aspects of development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine: coll. Science. ave. L. Pogorilyy Ukr NDIPVT, Doslidnytske 2019. Vip. 24 (38). P. 214-219.*

7. Usoltsev V. Humidity measurement L. *Gidrometeoizdat*, 1959.

8. Berliner M. Humidity measurements. *Izd. 2-e. reworked. and add. M. Energy. 1973.*

9. Francois Auger, Paulo Goncalves. *Time - Frequency Toolbox For Use with MATLAB / Francois Auger, Patrick Flandrin, Paulo Goncalves, Olivier Lemoine // Technical documentation. CNRS (France), Rice University (USA), - 1996.*

10. Tilp J., Stankovic S. Prediction- based time - varying filtering for speech enhancement in cellular telephony, *Image and Signal Processing and Analysis 2000. IWISPA 2000. Proceedings of the First International Workshop on, 2000. P.273-278.*

11. Djurovic I., Stankovic L., Ohsumi A., Ijima H. Recursive realization of the robust STFT. *Signal Processing and Its Applications 2003. Proceedings. Seventh International Symposium on, vol. 1, 2003. P.157-160.*

12. Dakovic M., Ivanovic V. Stankovic L. On the S-method based instantaneous frequency estimation. *Signal Processing and Its Applications 2003. Proceedings. Seventh International Symposium on, vol. 1, 2003. P.605-608.*

### Literatura

1. Kravchuk V. et *Biosphaeriae, agro-technology, ipsum solutiones. Rare Books: L. Pogorilyy Ukr NDIPVT, Doslidnytske 2015. P.238.*

2. *Belarusica Vicipaedia: In XVIII p. Vol.13: Per mille - Relaxin / Editor., L Pash-*

*kov et aliis. M.: Belen, 2001. T.13 P.105-576 ISBN 985-11-0216-4 (N / XIII).*

3. Wigner E. Quantum in increpationibus pro thermodynamic equilibrium. *Physica Review: 40: 749 -759, June 1932.*

4. Emran M. Amin, Nemai C. Karmakar. *Sensorem detectam Simultaneous passivum sive partiales Discharge significationibus Using Tempus - Frequency Analysis Journal Sensors IEEE, vol.16 nulla. VIII, 2016. P.2339-2348.*

5. Schmeter M. Et Eurum Umor terræ // *Physica dictionary / c. ed. Prohorov A. Soviet Encyclopedia 1988. Vol.1. P. 704.*

6. M. Pavlyshyn, Pavlyshyn M., I. Husar *Distribuit intelligentes agromonitoring systematis usura Technical and Internet Rerum // technological et technologiae apparatu et temptationis novum progressionem facies de cultura agri Ucraina coll. Science. ave. L. Pogorilyy Ukr NDIPVT, Doslidnytske 2019. Vip. 24 (38). P. 214-219.*

7. Usoltsev V. *Gidrometeoizdat humiditas mensurae, 1959*

8. Berliner M. Et Eurum Umor compotis. *Izd.2-e. retractavit. et add. M. Energy. 1973.*

9. Franciscus Auger, Goncalves Paulo. *Tempus - Frequency Usus Instrumentorum index Nam cum MATLAB / Franciscus Auger, Patricius Flandrin, Goncalves Paulo, Arnoldus Lemoine // Technical documenta. - Studia (Gallia). Rice Universitatis (USA), - 1996.*

10. Tilp J., Stankovic S. *Secundum dies Prediction- amplificationem variando oratio filtering est in cellular telephony, and Image Aliquam Processing et Analysis 2000. IWISPA 2000. Acta Internationalis Workshop Primum est, 2000. P.273-278.*

11. Djurovic I., Stankovic L., Ohsumi A., Ijima H.. *Recursive quod est robust STFT. De signo Processing ET Applications 2003. Proceedings. International Symposium on septima, v. I, 2003. P.157-160.*

12. Dakovic M., Ivanovic V., Stankovic L. *Ad secundum modum instanti S-frequency xstimationem quintam partem. Processings signum Processing ET Applications 2003. Proceedings. International Symposium on septima, v. I, 2003. P.605-608.*



UDC 502.211: 631.5

## INTELLECTUAL INFORMATION AND MEASURING SYSTEM OF EXPRESS ANALYSIS OF SOIL PARAMETERS

**Pavlishin M.**, Dr. Tech.Scs, Prof., NTUU «KPI. I. Sikorsky»,  
<https://orcid.org/0000-0003-4223-4828>

**Litovchenko A.**, Ph. D. Econ. Scs,  
<https://orcid.org/0000-0001-6818-756X>  
LLC «Innovation company Bionvest-Agro»

**Gusar I.**,  
e-mail: [gusaririna19@gmail.com](mailto:gusaririna19@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-58724672>  
SSO «L. Pogorilyy UkrNDIPVT»

### Summary

**Purpose** - Research and development of hardware and software for rapid analysis of soil parameters. Research methods: modeling; methods of direct measurements in field experiments; analytical methods of processing measurement results; expert evaluations; prognostication.

**Results.** The offered hardware - software means allow:

1. Measure the following soil parameters:

- soil moisture in the range from 10 to 95 %;
- soil temperature in the range from 0 to 100 °C;
- soil pH in the range from 10 to 14 hydrogen units;
- electrical conductivity of the soil (standard requirements);
- concentration of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> above the soil surface (international standard methods) in the range from 10 to 3000 ppm.

2. Perform measurement of measurement results according to given and variable algorithms.

3. To form an integrated assessment of the current state of the soil.

4. Predict possible changes in soil condition in the short - and medium term.

**Conclusions.** The use of the information-measuring system developed by the authors allows to quickly obtain results on the current state of soils, namely: soil temperature, soil moisture, pH and conductivity at the required depths. The time required to obtain such an integrated characteristic is a maximum of 5 minutes, which provides significant advantages over traditional methods of analysis of soil parameters, significantly increases the efficiency of measurement processes and makes it possible to measure parameters directly in the field by agronomists or technologists.

At this stage, the system is tested and ready for use. Using the user interface, you can set critical soil parameters, beyond which the system sends notifications to the station (or user). Also when entering, in the appropriate fields, the parameters for analysis, the system shows to which group the current data can be attributed.

In addition, sensor data can be written to external memory. This helps in further comparison, statistics and simplifies the analysis of soil changes and allows you to make predictions.

The information and measurement system can be used by agricultural enterprises and regional environmental units.

The obtained results confirm the expediency of using the methods of express analysis of soil parameters with the use of intelligent hardware and software portable means. The need for such IBCs is up to 1000 units per year.

**Key words:** rapid analysis, agromonitoring, modeling, forecasting, microcontroller, efficiency.

УДК 502.211: 631.5

## ИНТЕЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗА ПАРАМЕТРОВ ПОЧВ

Павлишин Н., д-р техн. наук, проф., НТУУ «КПИ им. И.Сикорского»,  
<https://orcid.org/0000-0003-4223-4828>

Литовченко А., канд. экон. наук, <https://orcid.org/0000-0001-6818-756X>  
ООО «Инновационная компания Бионвест-Агро»

Гусар И., e-mail: [gusaririna19@gmail.com](mailto:gusaririna19@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-58724672>  
ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

### Аннотация

**Цель работы** – исследование и разработка аппаратно-программных средств для экспресс-анализа параметров почв.

**Методы исследований:** моделирование; методы прямых измерений в полевых экспериментах; аналитические методы обработки результатов измерения; экспертные оценки; прогнозирование.

**Результаты.** Предложенные аппаратно-программные средства позволяют:

1. Измерять следующие параметры почв:

- влажность почвы в диапазоне от 10 до 95 %;
- температуру почвы в диапазоне от 0 до 100 градусов Цельсия;
- рН почвы в диапазоне от 10 до 14 водородных единиц;
- электропроводность почвы (стандартные требования);
- концентрацию  $CO_2$  и  $CH_4$  над поверхностью почвы (международные стандартные методики)

в диапазоне от 10 до 3000 ppm.

2. Выполнять обработку результатов измерения с заданными и сменными алгоритмами.

3. Формировать интегральную оценку текущего состояния почвы.

4. Прогнозировать возможные изменения состояния почвы в кратко- и среднесрочной перспективе.

**Выводы.** Использование разработанной авторами информационно - измерительной системы позволяет оперативно получать результаты о текущем состоянии почв, а именно: температуры почвы, влажности почвы, рН показателя и электропроводности на необходимых глубинах. Временные затраты на получение такой интегральной характеристики составляет максимум 5 минут, что дает существенные преимущества перед традиционными методиками анализа параметров почвы, существенно повышает эффективность процессов измерения и делает доступным измерения параметров непосредственно на поле агрономами или технологами.

На данном этапе система протестирована и готова к использованию. С помощью интерфейса пользователя можно установить критические параметры почвы, при выходе за которые система уведомляет на станцию (или пользователю). Также при вводе, в соответствующие поля, параметров для анализа, система показывает к какой группе можно отнести нынешние данные.

Кроме этого, данные с датчиков можно записать на внешнюю память. Это помогает в дальнейшем сравнении, ведении статистики и упрощает анализ изменений в почве и позволяет делать прогнозы.

Информационно-измерительная система может использоваться сельскохозяйственными предприятиями и региональными экологическими подразделениями.

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения методов экспресс-анализа параметров почвы с использованием интеллектуальных аппаратно - программных портативных средств. Потребность в таких ИВС - 1000 штук в год.

**Ключевые слова:** экспресс-анализ, агромониторинг, моделирование, прогнозирование, микроконтроллер, эффективность.