

**І.С. Лактіонов, к.т.н.**  
**О.В. Вовна, д.т.н., доц.**  
**В.А. Лебедєв, магістр**

*ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» МОН України*

## **Методика та результати лабораторних випробувань комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів**

*Вирішення науково-практичних задач розробки та дослідження методик комп'ютеризованих лабораторних випробувань технічних засобів неруйнівного вимірювального контролю вологості тепличних ґрунтів є обов'язковою умовою задля обґрунтування наукових засад щодо впровадження прогресивних технологій моніторингу та керування параметрами мікроклімату промислових теплиць з метою підвищення показників темпів, обсягів та якості виробництва тепличної овочевої та овочево-розсадної продукції.*

*Проведено дослідження з розробки методики лабораторних випробувань комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів із використанням сучасних мікропроцесорних та інфокомунікаційних технологій, а також із урахуванням реальних технологічних умов вирощування тепличних культур. У результаті проведених досліджень було розроблено апаратно-програмну реалізацію комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів, яка має модульну структуру. Випробувано розроблений вимірювач у лабораторних умовах та отримано його характеристики перетворення при обліку фактору пористості аерації ґрунту. Оцінено динамічні характеристики процесу вимірювального контролю вологості тепличних ґрунтів. Обґрунтовано пріоритетні напрямки подальших досліджень комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів.*

*Доведено, що отримані результати досліджень є науково-практичною основою задля проведення подальших пріоритетних досліджень із впровадження розробленого вимірювача в реальні виробничі умови вирощування культур на захищеному ґрунті.*

**Ключові слова:** вологість; ґрунт; теплиця; комп'ютеризований вимірювач; методика.

**Постановка проблеми.** Одним із основних векторів соціально-економічного розвитку держави є забезпечення високого рівня продовольчої безпеки. Необхідність забезпечення достатнього обсягу екологічно чистих продуктів, а також кліматичні й структурно-галузеві особливості розвитку окремих регіонів, обумовлюють підвищення уваги до провадження рослинництва на закритих ґрунтах. Одним із найбільш перспективних напрямів підвищення врожайності вітчизняних об'єктів агропромислового комплексу із захищеними ґрунтами, зниження собівартості та підвищення якості сільськогосподарської продукції і, як наслідок, зростання конкурентоспроможності вітчизняних виробників є розробка та впровадження сучасних прогресивних методів і засобів моніторингу та керування параметрами мікроклімату теплиць. Динамічно зростаючі вимоги до якості сільськогосподарської продукції зумовлюють актуальність до безперервних досліджень щодо вдосконалення комп'ютеризованих засобів моніторингу та управління технологічними процесами вирощування овочевих культур у теплицях. Неруйнівні он-лайн вимірювання вологості тепличних ґрунтів є фундаментальним компонентом забезпечення необхідної якості, а також темпів і об'ємів вирощуваної овочевої продукції в тепличних умовах. Отже, розробка та дослідження методик комп'ютеризованих лабораторних випробувань технічних засобів неруйнівного вимірювального контролю вологості тепличних ґрунтів є актуальною науково-прикладною задачею, вирішення якої дозволить виробити науковий підхід до обґрунтування засад щодо впровадження сучасних методів та пристроїв моніторингу параметрів мікроклімату теплиць з метою підвищення показників темпів, обсягів та якості виробництва тепличної продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз актуальних вимог до технологій вирощування сільськогосподарських культур на захищених ґрунтах [1, 2] дозволив виокремити інформативну групу фізико-хімічних параметрів мікроклімату теплиць та встановити, що одним із найбільш впливових на якісні та кількісні показники темпів і об'ємів вирощування овочевої продукції є вологість ґрунту [3–5]. На підставі проведеного аналізу апріорної інформації відносно існуючих результатів експериментальних випробувань сумісних із сучасними мікропроцесорними модулями сенсорів вологості ґрунту [6–8] встановлено, що градування таких сенсорів проводиться за параметром діелектричної проникності ґрунтів без урахування показника пористості аерації ґрунту. Також, шляхом аналізу метрологічних характеристик наявних методів інструментального визначення вологості закритих ґрунтів [9–11] з урахуванням можливості комп'ютеризованих вимірювань у технологічних умовах теплиць встановлено, що найкращі показники має кондуктометричний спосіб.

Також, на підставі аналізу існуючих підходів до реалізації систем віддаленого контролю параметрів технологічних процесів та явищ з використанням сучасних технологій були визначені концептуальні положення щодо побудови сучасних систем віддаленого моніторингу вологості тепличних ґрунтів:

- реалізація основних етапів розробки та експериментальних досліджень комп'ютеризованого вимірювача вологості ґрунтів із використанням сучасного стандартизованого програмного забезпечення [12, 13], а також основних положень технологій Internet of Things та Data Mining [14];
- розробка дослідної моделі комп'ютеризованого вимірювача вологості ґрунтів із використанням доступних і ефективних в області сільського господарства мікропроцесорних платформ Arduino [15, 16] та передових сенсорних технологій [17, 18].

Таким чином, прикладна проблема, на вирішення якої спрямовано вектор досліджень статті, полягає в обмеженості існуючих результатів щодо методик, методів та засобів комп'ютеризованого моніторингу вологості ґрунтів промислових теплиць.

**Мета дослідження.** Обґрунтування методики лабораторних випробувань та аналіз результатів експериментальних досліджень комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів, що дозволить синтезувати структурно-алгоритмічну організацію та розробити апаратно-програмну реалізацію системи моніторингу та керування технологічними режимами вирощування культур на захищених ґрунтах задля підвищення показників темпів, об'ємів та якості виробництва тепличної продукції.

**Викладення основного матеріалу.** Аналіз існуючих нормативних документів щодо інструментального визначення вологості ґрунтів [19–21] дозволив обґрунтувати методику експериментальних випробувань комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів, яку у вигляді блок-схеми наведено на рисунку 1.

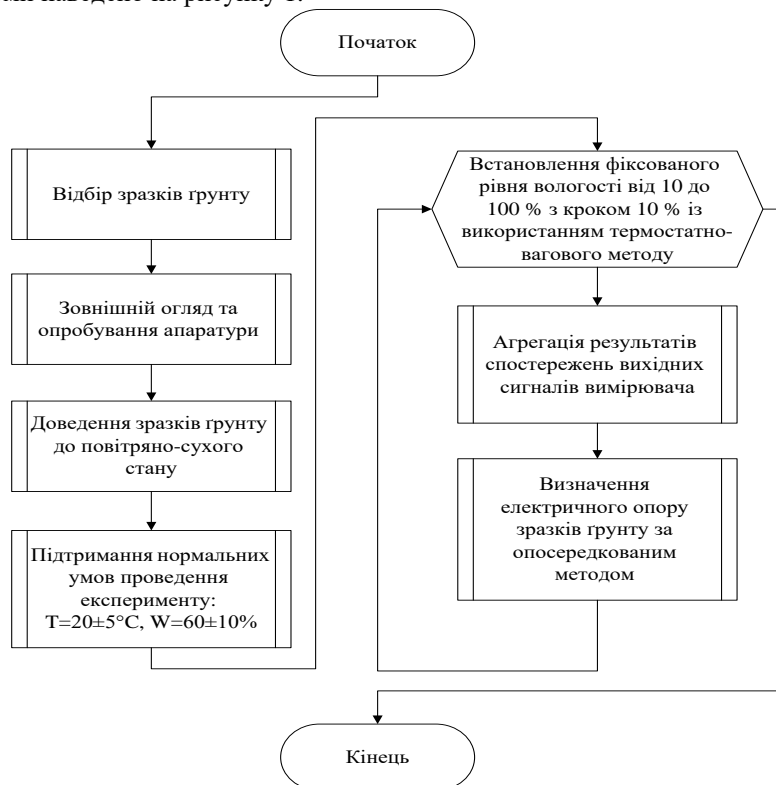


Рис. 1. Блок-схема методики лабораторних випробувань комп'ютеризованого вимірювача вологості

Експериментальні дослідження щодо визначення характеристики перетворення реалізованого комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів (див. рис. 2) проводились за умови використання матеріалів та обладнання з характеристиками, які наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Матеріали та обладнання задля лабораторних випробувань вимірювача вологості

№ з/п	Матеріали та обладнання	Типи, призначення та основні характеристики
		Матеріали
1.	ґрунт	Субстрат універсальний – верховий та низинний торф, кварцовий пісок, мінеральні добавки, азот (N) – 100–200 мг/л, фосфор (P) – 140–260 мг/л, калій (K) – 120–200 мг/л, мікроелементи (Fe, Mn, Cu, Zn, Mo).
2.	Поливний розчин	Дистильована вода.

	Поливний розчин	Дистильована вода.
3.	Пористість ґрунту	Моделі пухкої (пористість ( $p$ ) дорівнює 47,64 %) та щільної ( $p=25,95$ %) кладки зерен.
Апаратні компоненти		
4.	Сенсор вологості ґрунту	YL-69 & YL-38 із діапазоном вимірювання від 10 до 100 % з допустимою відносною похибкою вимірювання, не більше $\pm 5$ %.
5.	Мікропроцесорна платформа	Arduino Mega 2560.
6.	Тип сигналу, що пропускається через зразок ґрунту	Прямокутні імпульси типу меандр з амплітудою $5,0 \pm 0,01$ В та частотою $1,0 \pm 0,001$ кГц.
7.	Мережева плата	Ethernet W5100.
8.	Персональний комп'ютер	Процесор – Intel Core i3-4150 CHU @ 3.50 ГГц, відеоадаптер – Intel HD Graphics 440, мережевий адаптер – Realtek PCIe GBE Family Controller, ОЗП – DDR3 4 Гбайт 1600 МГц Hynix Semiconductor.
9.	Мережевий пристрій	Wi-Fi роутер Tenda N301 (802.11 b/g/n, 300 Мбіт/с).
Програмні компоненти		
10.	Arduino IDE	Розробка та тестування програмного забезпечення вимірювача.
11.	Simulink® R2016a з використанням пакету розширення Simulink Support Package for Arduino Hardware	Дослідження моделі локальної агрегації та обробки результатів спостереження вологості ґрунту.
12.	ThingSpeak® IoT analytics	Віддалений моніторинг та накопичення бази даних контрольованих параметрів.

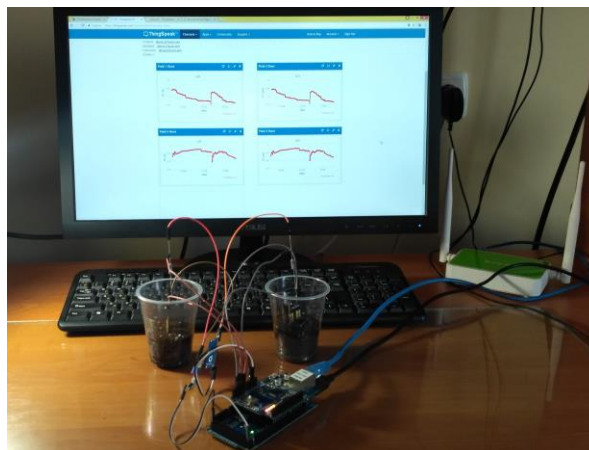


Рис. 2. Зовнішній вигляд лабораторної установки для отримання передавальних характеристик вимірювача вологості тепличних ґрунтів

У результаті проведених досліджень була розроблена апаратно-програмна реалізація комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів, структурну схему якої наведено на рисунку 3. Така реалізація має модульну структуру та виконує наступні базові функції:

- збір первинної вимірювальної інформації від вимірювальних каналів падінь напруги на дільнику;
- аналогова обробка вихідних сигналів вимірювальних каналів з подальшим їх перетворенням у цифровий вигляд;
- виключення грубих похибок, знаходження середніх значень результатів спостережень та розрахунок електричного опору зразка ґрунту;
- локальна індикація результатів моніторингу та їх накопичення в базі даних на віддаленому сервері;
- генерування сигналів, що керують модулями підтримки технологічних процесів крапельного поливу та дощування.

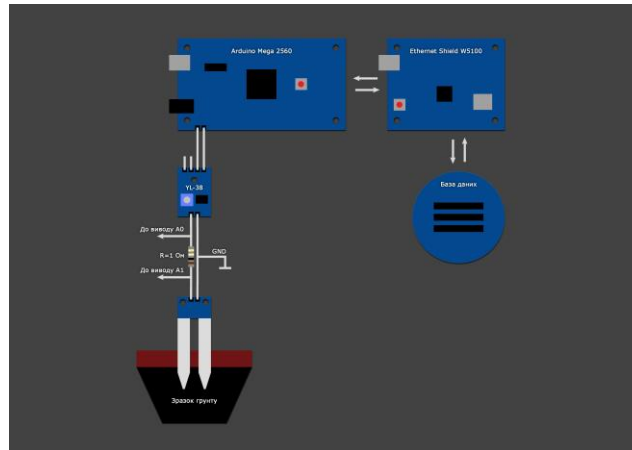


Рис. 3. Структурна схема комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів

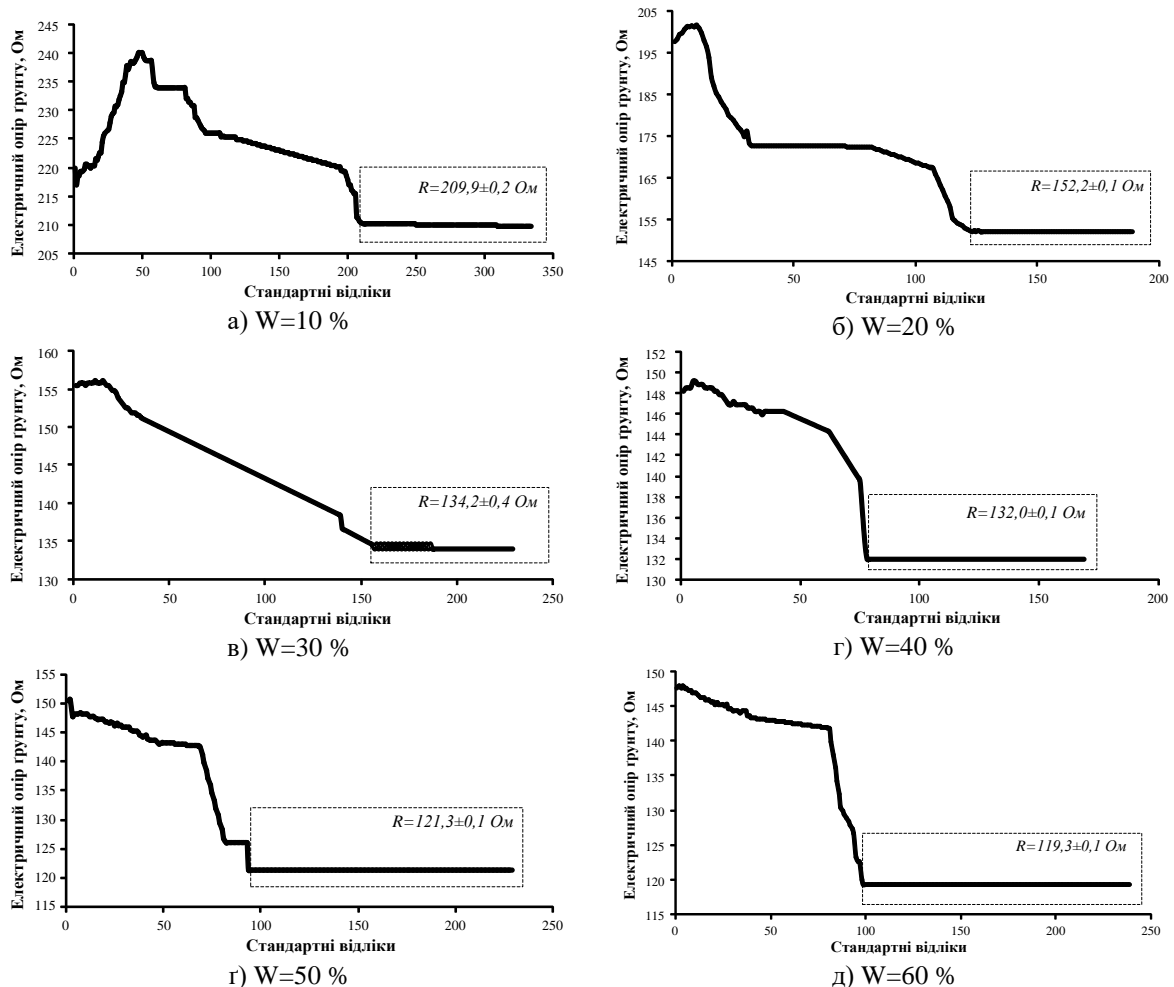
Вимірювання електричного опору зразка ґрунту виконувалось опосередкованим методом за результатами прямих вимірювань падінь напруги ( $U_{A0}$  та  $U_{A1}$ ) на ділянках кола, яке утворене резистором  $R=1$  Ом та безпосередньо зразком ґрунту, та подальшим розрахунком за формулою:

$$R_{soil} = \frac{U_{A1} \cdot R}{U_{A0} - U_{A1}}, \quad (1)$$

де  $R_{soil}$  – електричний опір ґрунту, Ом;  $U_{A1}$  та  $U_{A0}$  – падіння напруг на відповідних ділянках кола (див. рис. 3), В;

$R$  – відомий опір, Ом.

Результати лабораторних випробувань розробленого комп'ютеризованого вимірювача вологості ґрунту наведено на рисунку 4 та 5 для моделей щільної та пухкої кладки зерен, відповідно. Крок дискретизації прийнято рівним 30 с.



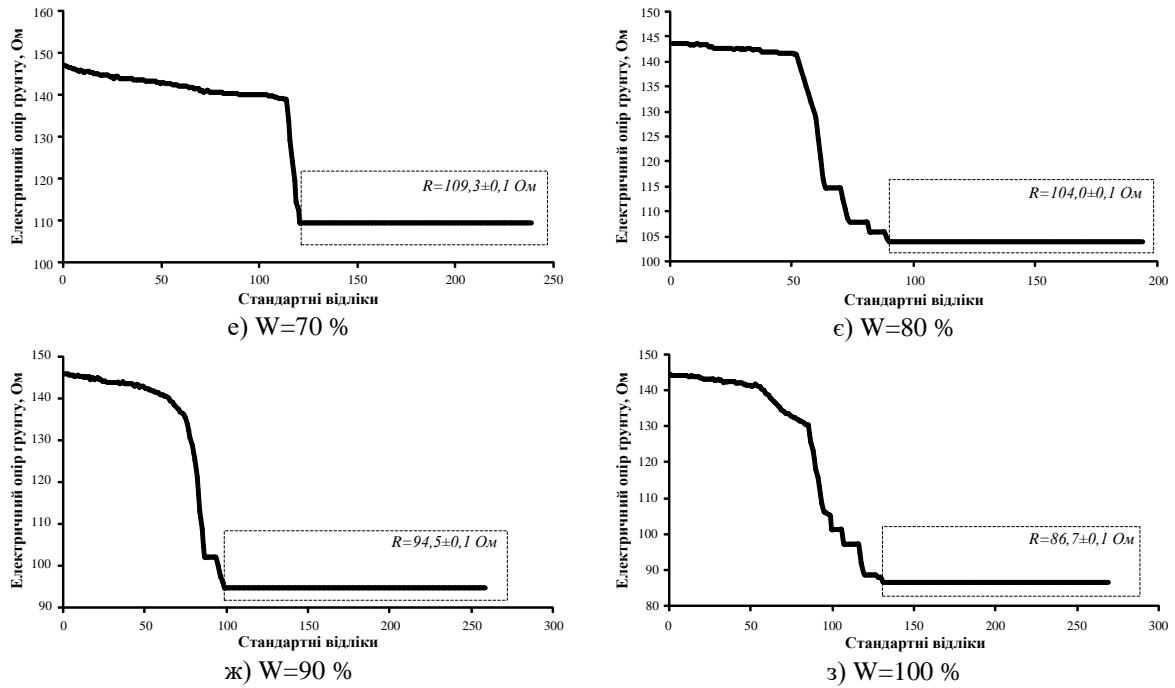
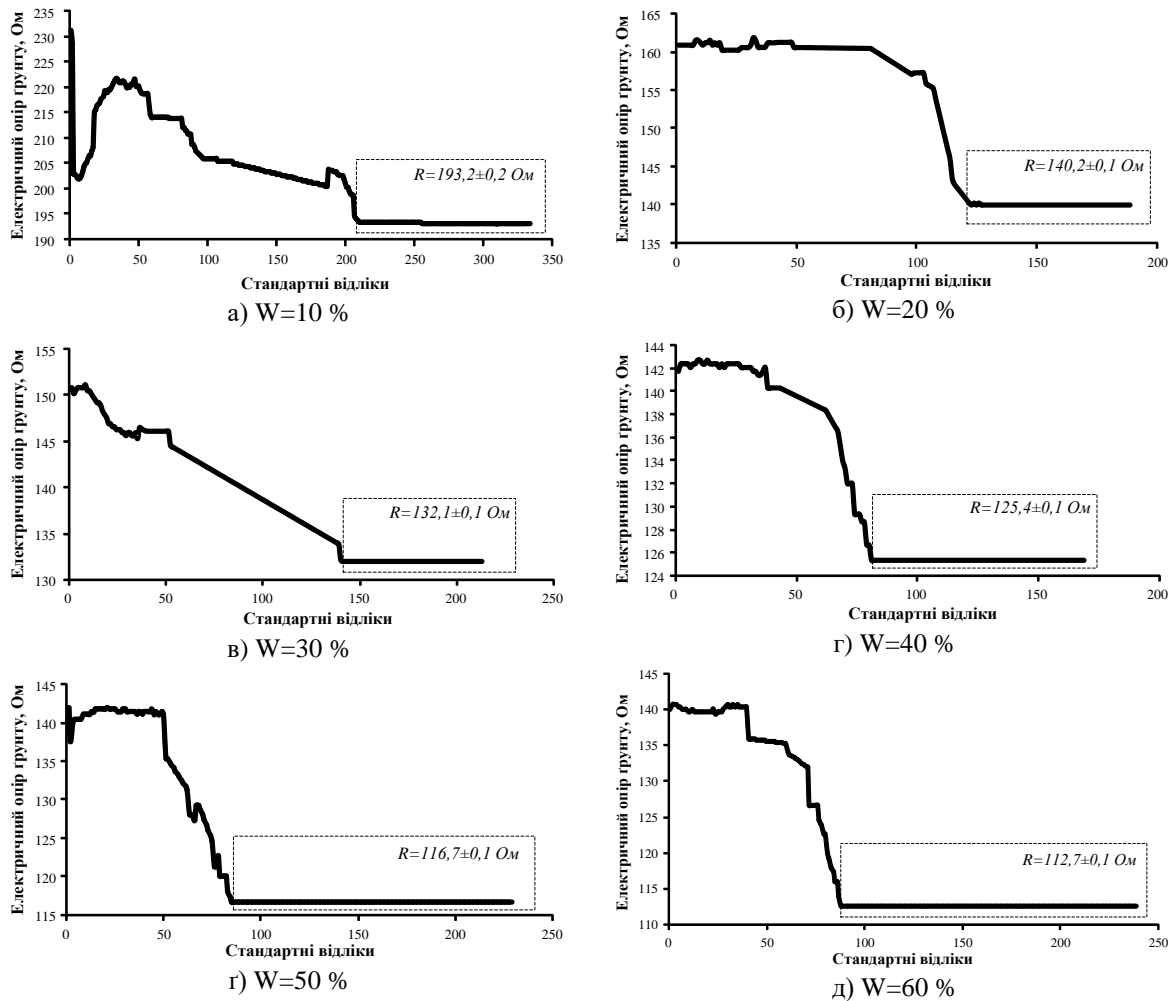


Рис. 4. Результати лабораторних випробувань вимірювача вологості тепличних ґрунтів за умови щільної ( $\rho=25,95$  %) кладки зерен



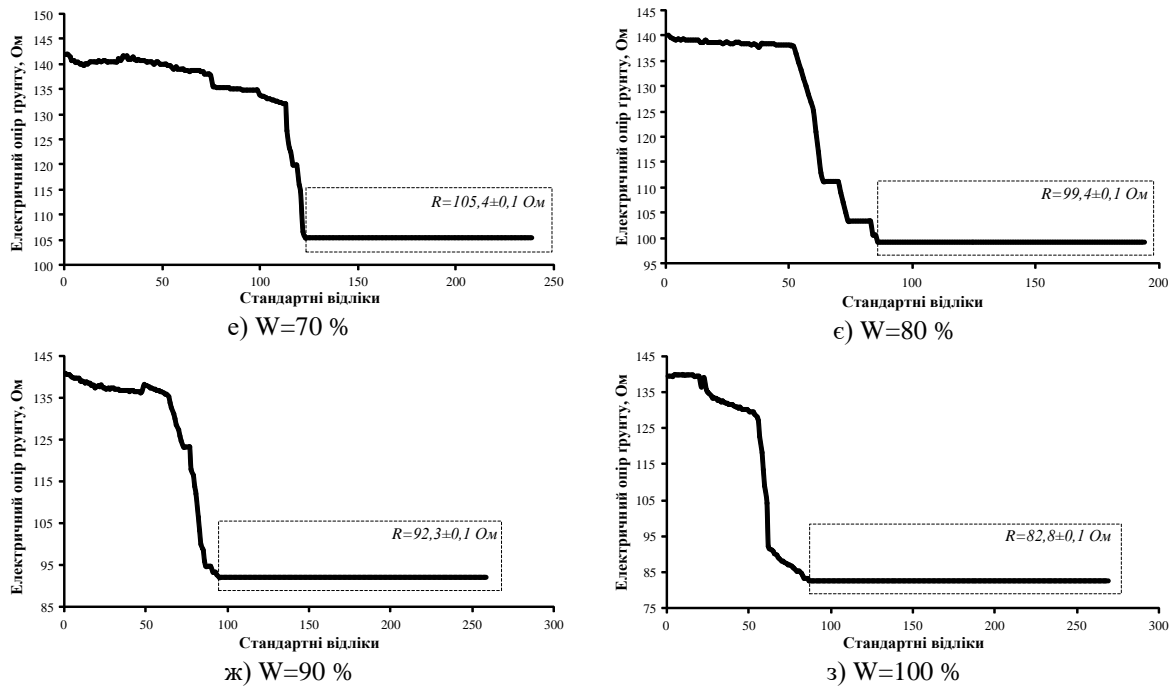


Рис. 5. Результати лабораторних випробувань вимірювача вологості тепличних ґрунтів за умови пухкої ( $p=47,64\%$ ) кладки зерен

Якісний аналіз характеристик, які наведено на рисунку 4 та 5, показав, що процес динаміки вологи в тепличному ґрунті може бути розділений на три характерні зони: 1 – зростання електричного опору електричного ґрунту, що обумовлено процесом акумулювання вологи гігроскопічними елементами субстрату; 2 – різкий спад електричного опору, що обумовлено розповсюдженням вологи в порах субстрату; 3 – сталий процес, який обумовлено фазовою рівновагою в структурних елементах субстрату.

Кількісний аналіз результатів лабораторних випробувань розробленого комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів (див. рис. 4 та 5) дозволив оцінити інтервали перехідного процесу динаміки вологи в субстраті, які в залежності від рівня вологості становлять: для щільної кладки зерен – від 45 до 100 хв.; для пухкої кладки зерен – від 35 до 85 хв. Також, на підставі проведених експериментальних досліджень оцінено діапазони зміни електричного опору тепличного ґрунту під час зміни вологості від 10 % до 100 %: для щільної кладки зерен – від  $209,9 \pm 0,2$  до  $86,7 \pm 0,1 \text{ Ом}$ ; для пухкої кладки зерен – від  $193,2 \pm 0,2$  до  $82,8 \pm 0,1 \text{ Ом}$ .

Таким чином, обґрунтована методика та отримані з її використанням результати розробки й експериментальних досліджень комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів дозволили розвинути науково-теоретичні положення щодо структурно-алгоритмічної організації комп'ютеризованих систем моніторингу та управління параметрами мікроклімату промислових теплиць. Для подальшого розвитку отриманих результатів досліджень і підтвердження адекватності ефективності впровадження розробки на показники врожайності тепличних культур виникає необхідність проведення комплексних досліджень щодо встановлення закономірностей впливу вологи та інших інформативних параметрів мікроклімату [3–5] на процес евапотранспірації в реальних умовах промислових теплиць.

**Висновки.** Проведено дослідження з розробки методики лабораторних випробувань комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів із використанням сучасних мікропроцесорних та інфокомунікаційних технологій. У результаті досліджень було розроблено апаратно-програмну реалізацію комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів, яка має модульну структуру. В результаті випробувань розробленого вимірювача у лабораторних умовах отримано його характеристику перетворення при обліку фактору пористості аерації ґрунту в діапазоні зміни вологості від 10 % до 100 %: для щільної кладки зерен електричний опір ґрунту змінюється від  $209,9 \pm 0,2$  до  $86,7 \pm 0,1 \text{ Ом}$  та для пухкої кладки зерен – від  $193,2 \pm 0,2$  до  $82,8 \pm 0,1 \text{ Ом}$ . Встановлено, що інтервали перехідного процесу динаміки вологи в субстраті становлять: для щільної кладки зерен – від 45 до 100 хв. та для пухкої кладки зерен – від 35 до 85 хв. Таким чином, отримані результати досліджень є науково-практичною основою для проведення подальших пріоритетних досліджень із впровадження розробленого вимірювача в реальні виробничі умови вирощування культур на захищеному ґрунті задля підвищення продуктивності вітчизняних аграрних підприємств із виробництва овочевої та овочево-розсадної продукції на захищеному ґрунті.

## Список використаної літератури:

1. ВНТП АПК–19–07. Тепличні і оранжерейні підприємства. Споруди захищеного ґрунту для фермерських (селянських) господарств : відомчі норми технологічного проектування / М-во аграр. політ. України. – К. : «ХІК», 2007. – 140 с.
2. Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas / FAO. – Rome, 2013. – 640 p.
3. Лактіонов І.С. Комп'ютеризовані вимірювачі комплексу фізичних параметрів ґрунтів та мікроклімату промислових теплиць: монографія / І.С. Лактіонов, О.В. Вовна, А.А. Зорі. – Покровськ : ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. – 212 с.
4. Laktionov I. Concept of low cost computerized measuring system for microclimate parameters of greenhouses / I.Laktionov, O.Vovna, A.Zori // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2017. – Vol. 23. – No. 4. – Pp. 668–673.
5. Laktionov I.S. Planning of remote experimental research on effects of greenhouse microclimate parameters on vegetable crop-producing / I.S. Laktionov, O.V. Vovna, A.A. Zori // International Journal On Smart Sensing and Intelligent Systems. – 2017. – Vol. 10 (4). – Pp. 845–862.
6. Merlin O. Calibration of a Soil Moisture Sensor in Heterogeneous Terrain / O.Merlin, J.P. Walker, R.Panciera, R.Young, J.D. Kalma, E.J. Kim // MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand. – 2007. – Pp. 2604–2610.
7. Bircher S. Soil moisture sensor calibration for organic soil surface layers / S.Bircher, M.Andreasen, J.Vuollet, J.Vehviläinen, K.Rautiainen, F.Jonard, L.Weihermüller, E.Zakharova, J.-P. Wigneron, Y.H. Kerr // Geoscientific Instrumentation Methods and Data Systems. – 2016. – Vol. 5. – Pp. 109–125.
8. Matula S. Laboratory Performance of Five Selected Soil Moisture Sensors Applying Factory and Own Calibration Equations for Two Soil Media of Different Bulk Density and Salinity Levels / S.Matula, K.Bát'ková, W.L. Legese // Sensors. – 2016. – Vol. 16 (11). – Pp. 1912–1934.
9. Вадюнина А.Ф. Методы определения физических свойств почв и ґрунтов / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М. : Высшая школа, 1961. – 345 с.
10. Schroth G. Trees, Crops and Soil Fertility Concepts and Research Methods / G.Schroth, F.L. Sinclair. – Trowbridge : Cromwell Press, 2003. – 448 p.
11. Чудинова С.М. Диелектрические показатели почвы и категории почвенной влаги / С.М. Чудинова // Почвоведение. – 2009. – Вып. 4. – С. 441–451.
12. Marsili-Libelli S. Environmental Systems Analysis with MATLAB / S.Marsili-Libelli. – New York : Taylor & Francis, 2016. – 540 p.
13. Holzbecher E. Environmental Modeling Using MATLAB / E.Holzbecher. – New York : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007. – 431 p.
14. Mukhopadhyay S.C. Internet of Things: challenges and opportunities / S.C. Mukhopadhyay, N.K. Suryadevara // Part of the Smart Sensors, Measurement and Instrumentation book series (SSMI). – 2014. – No. 9. – Pp. 1–17.
15. Arif Kh.I. Design and implementation a smart greenhouse / Kh.I. Arif, H.F. Abbas // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. – 2015. – Vol. 4 (8). – pp. 335–347.
16. Libich L. The use of stereophotogrammetry to determine the size and spatial coordinates to generate a 3D model of an animal / L.Libich, M.Hruška, P.Vaculik, M.Přikryl // Research in Agricultural Engineering. – 2017. – Vol. 63 (2). – pp. 47–53.
17. Spark Fun Soil Moisture Sensor Hookup Guide / Fun Spark Access mode : <https://learn.sparkfun.com/tutorials/soil-moisture-sensor-hookup-guide>
18. Haefke M. A zigbee based smart sensing platform for monitoring environmental parameters / M.Haefke, S.C. Mukhopadhyay, E.Ewald // Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC). – 2011. – Pp. 1–8.
19. Якість ґрунту. Визначення питомої електропровідності : Державний стандарт України : станом на 1 липня 2003 : ДСТУ ISO 11265–2001. – К. : Держстандарт України, 2002. – 14 с.
20. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа : по состоянию на 1 января 1986 : Межгос. стандарт ГОСТ 17.4.4.02–84. – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1986. – 7 с.
21. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений : по состоянию на 23 января 2006 : Межгос. стандарт ГОСТ 28268–89. – М. : Стандартинформ, 2006. – 8 с.

## References:

1. VNTP APK–19–07. (2007), *Teplychni i oranzhereini pidpriemstva. Sporudy zakhyshchenoho hruntu dlia fermerskykh (selianskykh) gospodarstv: Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannia*, KhIK, Kyi'v, 140 p.
2. *Good agricultural practices for greenhouse vegetable crops. Principles for Mediterranean climate areas* (2013), Rome, FAO, 640 p.
3. Laktionov, I.S., Vovna, O.V. and Zori A.A. (2016), *Kompiuteryzovani vymiriuvachi kompleksu fizychnykh parametrov ґruntiv ta mikroklimatu promyslovykh teplyts*, monohrafiia, DVNZ «DonNTU», Pokrov'sk, 212 p.
4. Laktionov, I., Vovna, O. and Zori, A. (2017), «Concept of low cost computerized measuring system for microclimate parameters of greenhouses», *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Vol. 23, No. 4, pp. 668–673.

5. Laktionov, I.S., Vovna, O.V. and Zori, A.A. (2017), «Planning of remote experimental research on effects of greenhouse microclimate parameters on vegetable crop-producing», *International Journal On Smart Sensing and Intelligent Systems*, Vol. 10 (4), pp. 845–862.
6. Merlin, O., Walker, J.P., Panciera, R., Young, R., Kalma, J.D. and Kim, E.J. (2007), «Calibration of a Soil Moisture Sensor in Heterogeneous Terrain», *MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation. Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand*, pp. 2604–2610.
7. Bircher, S., Andreasen, M., Vuollet, J., Vehviläinen, J., Rautiainen, K., Jonard, F., Weihermüller, L., Zakharova, E., Wigneron, J.-P. and Kerr, Y.H. (2016), «Soil moisture sensor calibration for organic soil surface layers», *Geoscientific Instrumentation Methods and Data Systems*, Vol. 5, pp. 109–125.
8. Matula, S., Bát'ková, K. and Legese, W.L. (2016), «Laboratory Performance of Five Selected Soil Moisture Sensors Applying Factory and Own Calibration Equations for Two Soil Media of Different Bulk Density and Salinity Levels», *Sensors*, Vol. 16 (11), pp. 1912–1934.
9. Vadiunyna, A.F. and Korchahyna, Z.A. (1961), *Metody opredeleniya fizycheskykh svoystv pochv i hruntov*, Vysshaya shkola, Moscow, 345 p.
10. Schroth, G. and Sinclair, F.L. (2003), *Trees, Crops and Soil Fertility Concepts and Research Methods*, Cromwell Press, Trowbridge, 448 p.
11. Chudynova, S.M. (2009), «Dyelektrycheskye pokazately pochvy i katehory pochvennoi vlady», *Pochvovedeniye*, Vol. 4, pp. 441–451.
12. Marsili-Libelli, S. (2016), *Environmental Systems Analysis with MATLAB*, Taylor & Francis, New York, 540 p.
13. Holzbecher, E. (2007), *Environmental Modeling Using MATLAB*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 431 p.
14. Mukhopadhyay, S.C. and Suryadevara, N.K. (2014), «Internet of Things: challenges and opportunities», *Part of the Smart Sensors, Measurement and Instrumentation book series (SSMI)*, No. 9, pp. 1–17.
15. Arif, Kh.I. and Abbas, H.F. (2015), «Design and implementation a smart greenhouse», *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, Vol. 4 (8), pp. 335–347.
16. Libich, L., Hruška, M., Vaculík, P. and Prikryl, M. (2017), «The use of stereophotogrammetry to determine the size and spatial coordinates to generate a 3D model of an animal», *Research in Agricultural Engineering*, Vol. 63 (2), pp. 47–53.
17. SparkFun «Soil Moisture Sensor Hookup Guide» (2018), available at: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/soil-moisture-sensor-hookup-guide>
18. Haefke, M., Mukhopadhyay, S.C. and Ewald, E. (2011), «A zigbee based smart sensing platform for monitoring environmental parameters», *Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*, pp. 1–8.
19. DSTU ISO 11265–2001 (2002), *Yakist gruntu. Vyznachennia pytomoi elektroprovodnosti: Derzhavnyi standart Ukrainy*, Derzhstandart Ukrainy, Kyi'v, 14 p.
20. GOST 17.4.4.02–84 (1986), *Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza*, Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, Moscow, 7 p.
21. GOST 28268–89 (2006), *Metody opredeleniya vlazhnosti, maksimal'noj gigroskopicheskoy vlazhnosti i vlazhnosti ustojchivogo zavvadaniya rastenij*, Standartinform, Moscow, 8 p.

**Лактіонов** Іван Сергійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри електронної техніки ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» МОН України.

Наукові інтереси:

- прогресивні комп'ютеризовані технології моніторингу та керування параметрами мікроклімату теплиць;
- фізико-математичне моделювання технічних систем.

E-mail: [ivan.laktionov@donntu.edu.ua](mailto:ivan.laktionov@donntu.edu.ua).

**Вовна** Олександр Володимирович – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедрою електронної техніки ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» МОН України.

Наукові інтереси:

- розробка методів і засобів підвищення точності та швидкодії інформаційно-вимірювальних систем концентрації газових компонент;
- математичне та імітаційне моделювання технічних систем.

E-mail: [oleksandr.vovna@donntu.edu.ua](mailto:oleksandr.vovna@donntu.edu.ua).

**Лебедєв** Владислав Андрійович – магістрант кафедри електронної техніки ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» МОН України.

Наукові інтереси:

- методи та засоби контролю параметрів мікроклімату промислових теплиць;
- мікропроцесорні технології.

E-mail: [leeev.tmi@gmail.com](mailto:leeev.tmi@gmail.com).

Стаття надійшла до редакції 23.03.2018.