УДК 621.3.082:631.412

І.С. Лактіонов, канд. техн. наук, асистент
Донецький національний технічний університет, м. Красноармійськ
ivanlaktionov88@mail.ru

Дослідження процесу комп'ютеризованих вимірювань фізичних параметрів ґрунтів промислових теплиць

У наведеній роботі проведено дослідження процесу комп'ютеризованих комплексних вимірювань фізичних параметрів (вологість, кислотність і температура) ґрунтів промислових теплиць із компенсацією взаємних впливів дестабілізуючих факторів. У результаті проведених досліджень встановлено динамічні характеристики процесу вимірювання заявленої групи показників тепличних ґрунтів задля формування системи вимог до розроблюваного вимірювача, який використовується на правах підсистеми в складі комплексу автоматизованого керування технологічними процесами тепличних господарств. На підставі проведених досліджень обґрунтовано узагальнену структурну схему системи комплексної автоматизації теплиць та структуру процесу комплексних комп'ютеризованих вимірювань вологості, кислотності та температури тепличних ґрунтів із урахуванням умов вирощування культур на закритих ґрунтах. Методами математичного моделювання виконано оцінку чисельних значень досягнення сталих рівнів вологості та кислотності тепличних ґрунтів в залежності від глибини зондування з урахуванням показника пористості аерації закритих ґрунтів, геометричних параметрів об'ємів, що зондуються, а також робочих діапазонів зміни вологості, кислотності та температури в промислових тепличних комплексах.

Ключові слова: комп'ютеризований вимірювач, динамічні характеристики, фізичні параметри, тепличний ґрунт, сталий рівень.

Вступ

Наявні проблеми щодо посилення антропогенного впливу на природні об'єкти та скорочення площ природних ландшафтів актуалізують необхідність вирішення науково-прикладних задач збереження, відновлення та збільшення ботанічного різноманіття в умовах штучних екосистем, до яких відносять промислові тепличні комплекси. Виходячи з цього особливої уваги привертають питання дослідження впливу фізичних параметрів закритих ґрунтів на показники акліматизації та селекції інтродукованих тепличних культур, що сприяє обґрунтуванню наукового підходу до розробки агротехнічних прийомів щодо догляду за тепличною флорою і, як наслідок, покращенню показників врожайності промислових тепличних комплексів. Наявні методи та засоби вимірювання інформативних ґрунтових характеристик не забезпечують достатній рівень точності вимірювань безпосередньо у виробничих умовах теплиць, а також не дозволяють отримувати комплексну інформацію щодо динаміки фізичних параметрів тепличних ґрунтів із компенсацією впливів дестабілізуючих факторів. Це є однією із основних причин недостатньої ефективності серійних вимірювачів та, як результат, відносно низької продуктивності українських аграрних підприємств на закритих ґрунтах порівняно з провідними світовими підприємствами аграрного сектору.

Постановка дослідницької задачі

Аналіз статистичних даних щодо вирощування культур на закритих ґрунтах дозволив встановити наступний факт: за 2014 р. в Україні було вироблено 482 тис. тонн овочів, з них 114 потужностями с/г виробників та 368 господарствами населення. На 01.01.2015 р. в Україні загальна площа під тепличними комплексами становила – 4,5 тис. га з них 0,4 тис. га припадає на с/г підприємства та 4,1 тис. га на господарства населення [1]. Однак, продуктивність українських тепличних комплексів є набагато нижчою, аніж на аналогічних європейських підприємствах. Підвищення врожайності українських тепличних господарств можна досягти за рахунок впровадження прогресивних комплексів автоматизації виробничих процесів теплиць, показники ефективності яких безпосередньо залежать від точності комп'ютеризованих засобів вимірювання сукупності фізичних параметрів ґрунтів.

Мета статті полягає у формуванні системи вимог до комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи (КІВС) фізичних параметрів ґрунтів промислових теплиць за рахунок оцінки та аналізу динамічних характеристик процесу комплексного комп'ютеризованого вимірю-

вання їх вологості, кислотності та температури безпосередньо у виробничих умовах (in vivo, in situ) із компенсацією взаємних дестабілізуючих впливів. Задля досягнення поставленої мети потребують вирішення наступні задачі:

– аналіз виробничих умов вирощування культур у промислових тепличних комплексах;

– обґрунтування структурної схеми процесу комплексних комп'ютеризованих вимірювань фізичних параметрів тепличних ґрунтів у виробничих умовах;

– оцінка динамічних показників процесу комплексних комп'ютеризованих вимірювань фізичних параметрів тепличних ґрунтів;

– аналіз отриманих результатів теоретичних та експериментальних досліджень щодо динамічних характеристик розробленої КІВС та формування сукупності вимог задля експлуатації досліджуваного вимірювача в складі системи комплексної автоматизації теплиць.

Розв'язання поставленої дослідницької задачі

Оцінка динамічних показників вимірювальних каналів КІВС фізичних параметрів ґрунтів промислових теплиць, структурно-алгоритмічну організацію якої було розроблено та реалізовано в попередніх роботах автора [2, 3], полягає в проведенні досліджень щодо визначення часових інтервалів розповсюдження вологи в порах ґрунтів та встановлення сталого рівня кислотності в результаті проведення процедур зрошення та здобрення ґрунту, з метою обґрунтування вимог до синхронізації структурних одиниць КІВС з іншими функціональними блоками автоматизованої системи керування (АСК) технологічними процесами в теплицях.

Проведені дослідження технічних характеристик наявних систем комплексної автоматизації теплиць дозволили встановити їх основні функціональні можливості: вимірювання температури та вологості повітря, а також керування системами опалення, освітлення, вентиляції та поливу [4].

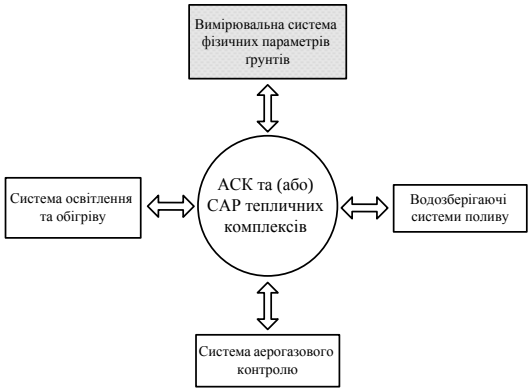


Рисунок 1 – Структурна схема системи комплексної автоматизації промислових теплиць

У ході досліджень характеристик промислових автоматизованих систем керування мікрокліматом тепличних господарств встановлено факт часткової або повної відсутності процедур вимірювання параметрів ґрунтів, що є їх суттєвим недоліком. Це доводить необхідність розробки та дослідження комп'ютеризованого вимірювача фізичних параметрів закритих ґрунтів та включення його на правах підсистеми до загальної структури АСК технологічними процесами теплиць, як показано на рис. 1.

На підставі проведеного аналізу технологічних умов вирощування культур на закритих ґрунтах у селекційних комплексах, репродукційних теплицях та оранжереях [4] встановлено, що найбільшого розповсюдження набули: за способом розміщення рослин – одноярусна горизонтальна технологія [5]; за видом та обсягом кореневої системи – культури на ґрунтах (товщина шару ґрунту, не більше 50 см) [4]; за організацією систем поливу – дрібнодисперсне дощування та крапельне зрошення [6]. Отже, із урахуванням отриманої інформації щодо групи фізичних параметрів, які підлягають безпосереднім вимірюванням: вологість, кислотність та температура [7], а також згідно вимог до раціонального розміщення рослин на грядках [8] розроблено узагальнену структурну схему процесу комплексного вимірювання фізичних параметрів парникових ґрунтів, яку наведено на рис. 2. На підставі проведеного аналізу агротехнічних умов вирощування культур на закритих ґрунтах, а також технічних характеристик наявних комплексів автоматизації теплиць, обґрунтовано вимоги до робочих діапазонів вимірювання сукупності заявлених параметрів в умовах теплиць: вагова вологість у діапазоні від 30 до 90 %, кислотність у діапазоні від 5 до 8 од. і температура в діапазоні від 10 до 30 °С. Вищезаявлені фізичні параметри парникових ґрунтів складають необхідний набір, вимірювання яких із регламентованою періодичністю та точністю дозволить покращити показники врожайності промислових теплиць.

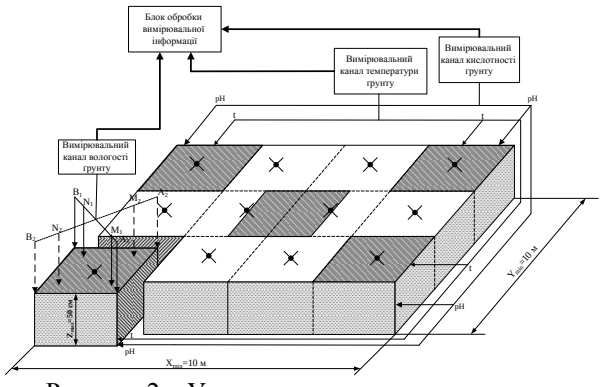


Рисунок 2 – Узагальнена структурна схема процесу комплексних вимірювань фізичних параметрів тепличних ґрунтів

Пошарова динаміка ґрунтової вологи описується диференційним рівнянням Річардса [9]. На підставі аналізу умов вирощування рослин у теплицях встановлено співвідношення геометричних параметрів об'ємів ґрунтів, що зондуються ($X_{min}/Z_{max}=Y_{min}/Z_{max}=20$), як показано на рис. 2. Із урахуванням допустимих значень показника загальної пористості аерації від 20 до 26 % [4] встановлено, що: інтенсивність зміни вологи ґрунту набагато більше в напрямку руху потоку (координата z) у порівнянні з перпендикулярними (координати x, y) йому напрямками ($\partial W/\partial x=0$; $\partial W/\partial y=0$, див. рис. 3); ґрунт вздовж глибини зондування від 0 до 50 см вважається однорідним. Розповсюдження вологи в тепличних ґрунтах відбувається за рахунок одночасного протікання конкуруючих процесів фільтрації (залежить від параметру дифузивності $D_Ф$) та випаровування (залежить від термодифузивності D_T) вологи, як показано на рис. 3.

Отже, модель кінетики вологи в тепличних ґрунтах описується наступним диференційним рівнянням у частинних похідних [10]:

$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = D_Ф \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} - D_T \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \qquad (1)$$

де W – вологість ґрунту, %; τ – час, с; $D_Ф$ – коефіцієнт дифузивності вологи, см^2/с; D_T – коефіцієнт термодифузивності ґрунтової вологи, см^2/с; T – температура ґрунту, К; z – відстань від верхньої межі до шару, що зондується, см.

На підставі аналізу виразу (1) встановлено, що параметр $D_Ф$ не є величиною постійною, а залежить від поточної вологості та визначається за наступною формулою:

$$D_Ф = K_Ф \cdot \frac{\partial Ф}{\partial W}, \qquad (2)$$

де $K_Ф$ – коефіцієнт вологопровідності тепличного ґрунту, см/с; $Ф$ – потенціал ґрунтової вологи, г·см/г; W – вагова вологість ґрунту, г/г.

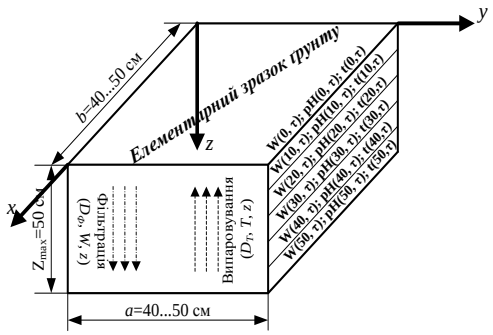


Рисунок 3 – Схема динаміки фізичних параметрів тепличних ґрунтів

Аналіз залежностей, які наведено в роботах [11, 12], дозволив встановити, що коефіцієнт вологопровідності залежить від насиченості вологою верхнього шару ґрунту в початковий момент часу (τ=0). На підставі аналізу даних [13] встановлено, що в робочому діапазоні вимірювання вологості тепличних ґрунтів від 30 до 90 % потенціал ґрунтової вологи ($Ф$) змінюється лінійно. Отже, зміна параметру потенціалу ґрунтової вологи може бути оцінена за наступною формулою:

$$\frac{\partial Ф}{\partial W} = \frac{\Delta Ф}{\Delta W} = \frac{1600-2}{90-30} = 26{,}6 \text{ см}. \qquad (3)$$

Таким чином, вираз (2), за яким виконується розрахунок коефіцієнта дифузивності ґрунтової вологи з урахуванням (3) має наступний вигляд:

$$D_Ф(W) = 26{,}6 \cdot K_Ф(W). \qquad (4)$$

Оціночні значення коефіцієнтів дифузивності ґрунтової вологи $D_Ф$ та вологопровідності ґрунту $K_Ф$ розраховано на підставі емпіричних даних, які запозичені із наукових джерел [11–13], та наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Оціночні значення параметрів $D_Ф$ та $K_Ф$ тепличних ґрунтів

№ з/п	Вологість верхнього шару грунту (W_{max}), %	$D_Ф$, см^2/с	$K_Ф$, см/с
1	30	0,82	0,031
2	60	1,64	0,062
3	80	2,46	0,092

На підставі аналізу емпіричних залежностей щодо добової амплітуди зміни температури ґрунтів у теплицях (±3 °С) [11, 12] та показників швидкості випаровування вологи з ґрунту [10] в типовому діапазоні зміни радіусу ґрунтових капілярів від 0,2 до 0,6 мм встановлено, що параметр D_T змінюється в діапазоні від $0{,}4\cdot10^{-6}$ до $3\cdot10^{-6}$ см^2/с. Отже, на підставі порівняльного аналізу значень показників дифузивності ($D_Ф$) та термодифузивності (D_T) ґрунтової вологи з урахуванням максимальної глибини зондування тепличного ґрунту (z_{max}=50 см) можна зробити висновок, що процес випаровування вносить значно менший вплив на динаміку розповсюдження вологи в тепличному ґрунті, а ніж процес фільтрації. Таким чином, процес динаміки ґрунтової вологи, що описується рівнянням (1) на підставі аналізу встановлених чисельних значень

параметрів дифузивності ($D_Ф$) і термодифузивності (D_T), може бути визначений за наступним диференційним рівнянням:

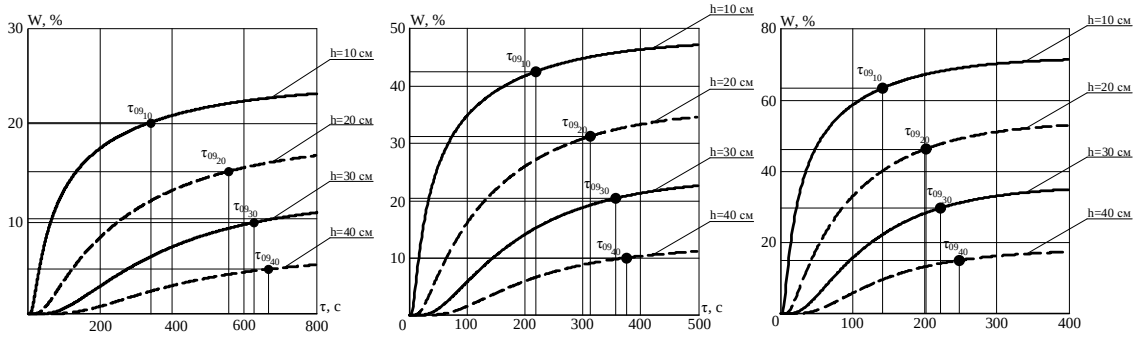
$$\frac{\partial W}{\partial \tau} = 26{,}6 \cdot K_Ф(W) \cdot \frac{\partial^2 W}{\partial z^2}. \qquad (5)$$

Розв'язання диференційного рівняння кінетики вологи в зразку тепличного ґрунту (5) отримано за наступних граничних та початкових умов:

– у початковий момент часу (τ=0) вологість верхньої межі ґрунту (z=0) є максимальною W_{max};

– у початковий W(50,0) та кінцевий W(50, τ) моменти часу вологість нижньої межі тепличного ґрунту дорівнює 0, що відповідає фізико-технологічним властивостям водозберігаючих технологій поливу парникових культур.

На підставі аналізу отриманих результатів моделювання пошарової динаміки вологи тепличних ґрунтів встановлено, що швидкість її розповсюдження залежить від початкової зволоженості верхнього шару ґрунту (τ=0; z=0). Розв'язання диференційного рівняння (5) проводилось із урахуванням даних, які наведено в табл. 1 за різних рівнів початкової зволоженості верхнього шару тепличного ґрунту, які відповідають: W_{min}=30 %, $W_{ср.}$=60 %, W_{max}=90 %. Графічний вигляд розв'язання рівняння пошарової динаміки вологи в тепличних ґрунтах наведено на рис. 4.



а) $W_{поч.}$=30 % б) $W_{поч.}$=60 % в) $W_{поч.}$=90 %

Рисунок 4 – Результати моделювання динаміки вологи в тепличних ґрунтах

Аналіз результатів моделювання процесу динаміки вологи в закритих ґрунтах дозволив оцінити часові інтервали (τ_{09}) встановлення фіксованих залишкових рівнів вологості ($W_{зал.}$) ґрунтів у виробничих умовах тепличних комплексів на різних глибинах (h) занурення, які представлено в табл. 2. Отримані дані щодо динаміки значень рівнів зволоженості ґрунтів на різних глибинах у виробничих умовах тепличних господарств дозволяють визначити необхідні об'єми поливної води з метою встановлення бажаного рівня вологості для різноманітних видів культур (враховується фактор глибини залягання основної маси кореневої системи), що вирощуються.

Таблиця 2. Оціночні значення динамічних властивостей процесу вимірювання вологості закритих ґрунтів

Початкова вологість ($W_{поч.}$), %	Глибина (h), см	τ_{09}, с	Залишкова вологість ($W_{зал.}$), %
30	10	340	20
	20	540	15
	30	660	10
	40	680	5
60	10	220	42
	20	310	31
	30	370	20
	40	390	10
90	10	140	63
	20	200	46
	30	220	30
	40	245	15

Аналіз отриманих часових характеристик поширення вологи в закритих ґрунтах дозволив висунути вимоги до параметрів синхронізації автоматизованих систем зрошення та вимірювального каналу вологості тепличних ґрунтів: процедура комп'ютеризованого аналізу ґрунту на вологість у виробничих умовах повинна починатися не раніше, ніж через 5–10 хв. після поливу в залежності від глибини зондування.

Рух іонів H^+ і OH^- відбувається в рідкій складовій тепличних ґрунтів внаслідок різниці їх концентрацій (дифузія) [14]. Процеси динаміки йонів у рідкій складовій тепличних ґрунтів можуть бути описані другим законом Фіка [15].

Процеси пошарової динаміки йонів H^+ та OH^- [16] через показник pH можуть бути описані наступною сукупністю диференційних рівнянь у частинних похідних:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial\left(10^{-pH}\right)}{\partial\tau} = D_{H^+} \cdot \dfrac{\partial^2\left(10^{-pH}\right)}{\partial z^2}, 5 \le \text{pH} < 7 \text{ од.}; \\ \dfrac{\partial\left(10^{-14+pH}\right)}{\partial\tau} = D_{OH^-} \cdot \dfrac{\partial^2\left(10^{-14+pH}\right)}{\partial z^2}, 7 \le \text{pH} \le 8 \text{ од.}, \end{cases} \quad (6)$$

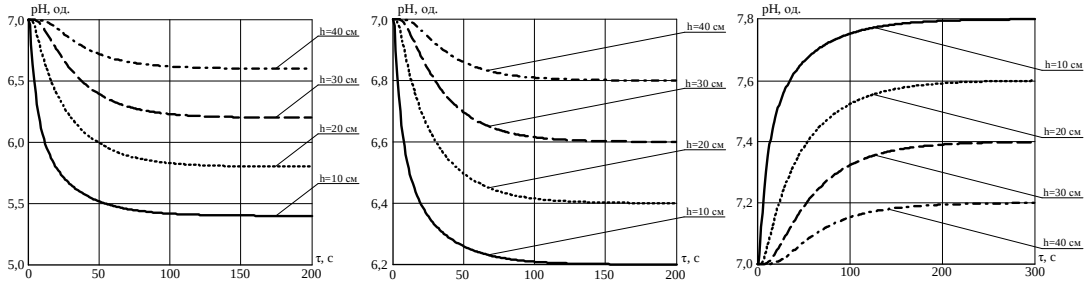
де *pH* – кислотність ґрунту, од.; τ – час, с; D_{H^+}, D_{OH^-} – коефіцієнти дифузії йонів, см^2/с; *z* – відстань від верхньої межі ґрунту до шару, що зондується, см.

Розділення рівняння (6) на два діапазони обумовлено перевагою лужних (при збільшенні значення показника pH, $D_{OH^-} = 5{,}23 \cdot 10^{-5}$ см^2/с) або кислотних (при зменшенні значення pH, $D_{H^+} = 9{,}34 \cdot 10^{-5}$ см^2/с) властивостей ґрунту при відхиленні від нейтрального значення кислотності ґрунту *pH*=7 од. Розв'язання диференційного рівняння пошарової динаміки кислотності в тепличних ґрунтах (6) отримано за наступних граничних та початкових умов:

– у початковий момент часу (*τ*=0) кислотність верхньої межі ґрунту (*z*=0) може приймати одне з дискретних значень набору {5, 6, 8} од.;

– у початковий pH (50, 0) та кінцевий pH (50, τ) моменти часу кислотність нижньої межі ґрунту дорівнює 7 од., що обумовлено відсутністю ґрунтового розчину в нижньому шарі тепличного ґрунту.

Розв'язок сукупності диференційних рівнянь кінетики кислотно-лужних властивостей закритих ґрунтів у графічному вигляді, який наведено на рис. 5, отримано за умови, що на відповідних глибинах зондування спостерігається сталий рівень вологості, тобто відсутній конвективний перенос речовини потоками ґрунтової вологи.



а) $\text{pH}_{\text{поч.}}$=5 од. б) $\text{pH}_{\text{поч.}}$=6 од. в) $\text{pH}_{\text{поч.}}$=8 од.

Рисунок 5 – Результати моделювання кінетики кислотності тепличних ґрунтів

Аналіз результатів моделювання динаміки кислотно-лужних властивостей тепличних ґрунтів дозволив оцінити часові інтервали (τ_{09}) встановлення сталих значень кислотності ($pH_{ст.}$) на різних глибинах (*h*), які наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Динамічні показники процесу вимірювального моніторингу кислотності тепличних ґрунтів

Кислотність верхньої межі ґрунту (pH), од.	Глибина (h), см	τ_{09}, с	Стале значення кислотності ($\text{pH}_{\text{ст.}}$), %
5	10	20	5,78
	20	35	6,14
	30	45	6,43
	40	50	6,72
6	10	15	6,45
	20	30	6,61
	30	40	6,74
	40	46	6,87
8	10	45	7,65
	20	90	7,51
	30	110	7,33
	40	120	7,17

На підставі аналізу отриманих даних, які наведено в табл. 3, обґрунтовано вимоги до початкового моменту вимірювання pH та автоматизованого поливу і здобрення ґрунтів: процедура інструментального аналізу тепличного ґрунту на кислотність повинна починатися не раніше, ніж через 2 хв. після розподілу вологи за шарами, тобто через 7–12 хв. після зрошення.

Висновок

1. На підставі проведених досліджень із урахуванням технологічних особливостей вирощування культур на закритих ґрунтах в умовах промислових тепличних комплексів обґрунтовано узагальнену структурну схему процесу комплексних комп'ютеризованих вимірювань фізичних параметрів тепличних ґрунтів. Цей процес передбачає виконання процедур отримання вимірювальної інформації щодо поточної вологості, кислотності й температури ґрунтів із можливістю апаратно-програмної компенсації взаємних дестабілізуючих впливів.

2. Проведено дослідження на предмет оцінки динамічних характеристик вимірювальних каналів вологості та кислотності тепличних ґрунтів. Ці дослідження дозволили висунути вимоги до синхронізації режимів роботи вимірювальних каналів розробленої КІВС фізичних параметрів тепличних ґрунтів і систем автоматизованого поливу та здобрення закритих ґрунтів: аналіз ґрунтів на вологість повинен починатися не раніше, ніж через 5–10 хв. після поливу, а на кислотність – не раніше, ніж через 7–12 хв. після виконання процедур зрошення та здобрення.

3. Отримані результати досліджень дозволили сформувати систему вимог задля проведення подальших експериментальних комплексних випробувань макетного зразка комп'ютеризованого вимірювача, як модульної складової автоматизованих систем крапельного поливу та регуляторів дозування кислотності ґрунтів у виробничих умовах тепличних комплексів.

Перелік використаної літератури

1. Agronews. Всеукраїнське інформаційне агентство [Електронний ресурс]: Виробництво тепличних овочів в Україні. – Режим доступу: http://agronews.ua/node/52262. – Назва з титул. екрана.

2. Лактионов И.С. Полевой измеритель кислотности почв с аппаратно-программной компенсацией дестабилизирующего влияния естественной влажности / И.С. Лактионов, М.Ю. Никоненко // Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: «Обчислювальна техніка та автоматизація». – Красноармійськ, 2015. – Вип. 1 (28)' 2015. – С. 133 – 140.

3. Лактіонов І.С. Структурно-алгоритмічний синтез вимірювальної системи визначення фізико-хімічних параметрів ґрунту / І.С. Лактіонов, О.В. Вовна // Зб. наук. пр. І Всеукр. наук.-техн. конф. «Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень», 25 – 29 трав. 2015. – Красноармійськ: ДонНТУ, 2015. – С. 429 – 432.

4. 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.

5. Овощеводство: учебник для студ. вузов по агроном. спец. / Г.И. Тараканов, В.Д. Мухин, К.А. Шуин и др.; ред. Г.И. Тараканов, В.Д. Мухин. – М.: КолосС, 2003. – 472 с.

6. Айтбаева А.Т. Состояние и перспективы использования прогрессивных водосберегающих технологий в картофелеводстве Казахстана / А.Т. Айтбаева, Л.А. Бурибаева // Збірн. наук. пр. Ін-ту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – К., 2012. – Вип. 14. – С. 234 – 246.

7. Лактіонов І.С. Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система фізичних параметрів ґрунтів промислових теплиць з компенсацією дестабілізуючих впливів автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 05.13.05 «Комп'ютерні системи та компоненти» / Іван Сергійович Лактіонов; Держ. вищ. навч. закл. «Донец. нац. техн. ун-т». – Красноармійськ, 2015. – 20 с. – укр.

8. GreenInfo. Інформаційний портал з садівництва, квітництва та ландшафтного дизайну [Електронний ресурс]: Овочеві культури для сумісного вирощування в теплиці. – Режим доступу: http://www.greeninfo.ru/vegetables/lycopersicum_esculentum.html/Article/_/aID/5885. – Назва з титул. екрана.

9. Шеин Е.В. Курс физики почв: учебн. / Е.В. Шеин. – М.: МГУ, 2005. – 432 с.

10. Нерпин С.В. Физика почв / С.В. Нерпин, А.Ф. Чудновский. – М.: Наука, 1967. – 584 с.

11. Рекс Л.М. Методика расчета тепловлагосолепереноса в насыщенных и ненасыщенных грунтах с помощью ЭВМ. Моделирование гидрогеохимических процессов и научные основы гидрогеохимических прогнозов / Л.М. Рекс, А.М. Якиревич. – М.: Наука, 1985. – 152 с.

12. Кулик В.Я. Инфильтрация воды в почву: крат. справочник / В.Я. Кулик. – М.: Колос, 1978. – 91 с.

13. Калюжный И.Л. Гидрофизические процессы на водосборе. Экспериментальные исследования и моделирование: моногр. / И.Л. Калюжный, С.А. Лавров. – СПб.: Нестор-История, 2012. – 616 с.

14. Мищенко К.П. Термодинамика и строение водных и неводных растворов электролитов: моногр. / К.П. Мищенко, Г.М. Полторацкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1976. – 328 с.

15. Кузнецов С.И. Элементы физической кинетики. Курс физики с примерами решения задач: учеб. пособ. / С.И. Кузнецов, В.В. Каплин, С.Р. Углов. – Томск: Томский политехнический университет,

2011. – 77 с.

16. Компьютерное моделирование миграции загрязняющих веществ в природных дисперсных средах / С.П. Кундас, И.А. Гишкелюк, В.И. Коваленко и др.; под общ. ред. С.П. Кундаса. – Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. – 212 с.

Надійшла до редакції 18.01.2016

И.С. ЛАКТИОНОВ
Донецкий национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛИЦ

В данной работе проведены исследования процесса компьютеризированных комплексных измерений физических параметров (влажность, кислотность и температура) почв промышленных теплиц с компенсацией взаимных влияний дестабилизирующих факторов. В результате проведенных исследований установлены динамические характеристики процесса измерения заявленной группы показателей тепличных почвогрунтов для формирования системы требований к разрабатываемому измерителю, который используется на правах подсистемы в составе комплекса автоматизированного управления технологическими процессами тепличных хозяйств. На основании проведенных исследований обоснована обобщенная структурная схема системы комплексной автоматизации теплиц и структура процесса комплексных компьютеризированных измерений влажности, кислотности и температуры тепличных почв с учетом условий выращивания культур на закрытых грунтах. Методами математического моделирования выполнена оценка численных значений достижения установившихся значений влажности и кислотности тепличных почвогрунтов в зависимости от глубины зондирования с учетом показателя пористости аэрации закрытых грунтов, геометрических параметров зондируемых объемов, а также рабочих диапазонов изменения влажности, кислотности и температуры в промышленных тепличных комплексах.

Ключевые слова: компьютеризированный измеритель, динамические характеристики, физические параметры, тепличный грунт, установившийся уровень.

I.S. LAKTIONOV
Donetsk National Technical University

RESEARCH OF THE COMPUTERIZED MEASUREMENTS PROCESS OF THE INDUSTRIAL GREENHOUSES SOILS PHYSICAL PARAMETERS

The dynamic characteristics of the computerized comprehensive measurement process of the greenhouses soil physical parameters (humidity, acidity and temperature) have been studied in this paper. Investigations considering mutual destabilizing influences of the mentioned soil parameters have been carried out. These studies have been carried out to form a requirements system to the developed computerized meter. This meter suggests the ability to operate as an automated control system component of the technological processes in greenhouses. Based on studies an integrated automation system generalized block diagram and the structure of the computerized complex measurements process of the greenhouses soil moisture, acidity and temperature has been substantiated in view of the crop growing conditions in closed ground. It provides comprehensive moisture, acidity and temperature measurements with destabilizing effects compensation which allows its operation as a part of the industrial greenhouse automation complex. Structural and algorithmic organization of the greenhouses soils physical characteristics computerized meter, taking into account crop-growing conditions in closed ground, has been developed and implemented. Calculation and analysis of the reach steady level numerical values of the greenhouses soils humidity and acidity as a depth probing function has been performed. These studies have been performed by mathematical modeling methods. In carrying out these studies closed ground aeration porosity, probed volumes geometric parameters and operating ranges of the humidity, acidity and temperature changes in the industrial greenhouses have been taken into account.

Keywords: computerized meter, dynamic characteristics, physical properties, greenhouses soil, steady level.