

**Гайдукевич С.В.**

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України  
“Бережанський агротехнічний інститут”

**Семенова Н.П.**

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України  
“Бережанський агротехнічний інститут”

**Леськів Я.А.**

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України  
“Бережанський агротехнічний інститут”

## КОНЦЕПЦІЇ «SMART ТЕХНОЛОГІЙ» ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ

*На керування технологічними процесами приміщень закритого ґрунту безпосередньо впливає нестационарна поведінка зовнішніх і внутрішніх факторів, тому теплиці для належного функціонування вимагають створення мікроклімату із певними заданими параметрами необхідними для створення сприятливих умов для росту рослин не залежно від умов зовнішнього середовища.*

*Підтримання оптимального мікроклімату потребує постійних технологічних, економічних та екологічних змін продиктованих змінами глобального світу.*

*Реалізація ефективних енергозберігаючих механізмів керування мікрокліматом на основі сучасних інтелектуальних технологій могла б задовільнити вирішення таких проблем.*

*На даному етапі розвитку у різноманітних технологічних процесах впроваджуються проекти, що реалізовані на концепціях Smart технологій.*

*За допомогою таких інтелектуальних і інноваційних технологій із доступом до Інтернет мережі поставлено задачу створити автоматичну систему, яка б на основі даних, отриманих із своїх середовищ, могла б контролювати технологічні процеси по створенню оптимального мікроклімату в теплиці.*

*Розроблено та виготовлено універсальну автоматичну систему керування електроустаткуванням, яка реалізує функції систем освітлення, опалення, вентиляції, доосвічування рослин, аудіо-відеоспостереження, водопостачання, керування електроприводом відкриття і закриття фрамуг, обліку витрат електроенергії на базі новітніх «розумних» пристроїв, які функціонально пов'язані між собою та об'єднані у єдину мережу з виходом в Інтернет. Керування процесами здійснюється за допомогою пульту, персонального комп'ютера та смартфона.*

*За результатами досліджень встановлено, що використання Smart технологій та запропонованого алгоритму роботи електричного обладнання дозволяє знизити використання теплової та електричної енергії, налагодити роботу всіх пристроїв так, щоб вони працювали злагоджено та взаємопов'язано між собою, що призводить до розширення меж самодіагностування, мінімізації втрат та надійності.*

**Ключові слова:** теплиця, система керування, Smart технології, мікрокліматичні параметри.

**Постановка проблеми.** У зимово-весняний період кожний з нас не проти поласуватися свіжими овочами і зеленню, потішитися різнобарв'ям квітів. Тому перед агропромисловим комплексом стоїть найважливіша задача – круглорічне задоволення потреб населення в продуктах рослинництва. Немаловажну роль у рішенні цієї проблеми відіграють споруди захищеного ґрунту, в яких можна створити сприятливі умови для росту рослин не залежно від стану зовнішнього середовища [1].

Але наскільки всім відомо, що для підтримання оптимального мікроклімату необхідно витратити великі кошти. І потреба в технологічних, економічних та екологічних змінах викликає інтерес [2, с. 18] до нових сучасних інтелектуальних технологій, що реалізують ефективні енергозберігаючі механізми керування, які одночасно містять системи діагностування, обробки інформації і контролю, що удосконалюють технологічний процес вирощування рослин та дозволяють зменшити витрати електроенергії. Вдосконалення

матеріальної бази має потребу на певному етапі в проривних технологічних інноваціях [3, с. 207], що спрямовують у напрямку надання інноваційної продукції та способам управління інтелектуальних властивостей, що виявляються в процесі їх використання [4, с. 470]. Але основна проблема упровадження концепцій Smart технологій в приміщеннях закритого ґрунту – це нестача коштів.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Створення оптимального мікроклімату в спорудах закритого ґрунту є найважливішою та найскладнішою задачею в агропромисловому комплексі. Це питання активно розглядається як вітчизняними, так і зарубіжними науковцями. З цього приводу розроблено дуже багато методик.

Враховуючи розрахунки режимів роботи та коефіцієнти забезпеченості параметрів мікроклімату мета полягає в розробці науково обґрунтованого методу та автоматизованої системи по створенню, підтриманню та керуванню в приміщеннях закритого ґрунту температурно-вологісного і повітряного режимів в залежності від технологій вирощування та з мінімальною витратою енергоресурсів. Таким чином, стоїть питання у розробці, подальшому розвитку та створенню, на відміну існуючих, зовсім нової більш екологічно чистої та економічно-енергоощадної системи для забезпечення теплиць оптимальними мікрокліматичними параметрами, що дасть можливість забезпечувати суспільство високоякісною сільськогосподарською продукцією, як з найменшими витратами.

**Мета дослідження** – розробка та виготовлення універсальної автоматизованої системи для підтримання оптимального мікроклімату в спорудах закритого ґрунту на базі концепцій Smart технологій.

**Виклад основного матеріалу.** На сьогоднішній день дуже великих обертів набирає розвиток Smart технологій, зокрема, проекти Smart Cities, що означає «розумні міста», Smart Homes – розумні будинки, Smart Grid – розумні мережі та ін. Проблемами створення «розумних» міст, будинків, офісів, мереж зацікавилися не лише в Україні, але й за кордоном. Тому дуже активно реалізуються проекти щодо підготовки фахівців, які можуть бути творцями «розумних» [5] розробок. В агропромисловому комплексі теж можна було б використовувати такі розробки у виробничих процесах, а саме впровадження концепцій Smart технологій в приміщеннях закритого ґрунту. Всім відомо, що в часи розвинутого прогресу за допомогою інноваційних технологій показники

якості, надійності та швидкодії можна наблизити до світових показників. Крім того це призведе до зменшення витрат палива, електроенергії, забруднення навколишнього середовища та відкриє нові перспективи розвитку тепличних господарств та задовольнить сьгоднішні потреби людей. Тому основною проблемою теплиць при забезпеченні їх стабільного розвитку є об'єднання та узгодження таких складових, як енергозабезпечення, енергодоступність та енергозбереження.

Інтелектуальні інноваційні технології завдають нові підходи та принципи виконання технологічних процесів як в побуті, так в сільськогосподарських і промислових виробництвах. Сучасне «розумне» електрообладнання, телекомунікаційні, інформаційні та обчислювальні технології вдосконалюють процеси та їхні системи керування, які наділяються новими можливостями, а тим самим роблять їх ефективними, надійними, безпечними та саме головне спроможними економити електроенергію, що на сьогоднішній день так не маловажно. А це призводить до нагальної необхідності розробки нових стереотипів керування та залучення сучасних програм. Тобто в рамках концепції Smart технологій система автоматизації технологічних процесів в приміщеннях закритого ґрунту повинна розглядатися як єдина інформаційно-керуюча система, яка набирає статусу «розумної» та здатна забезпечити:

- гнучкість;
- багатофункціональність;
- мінімізацію витрат;
- зміну параметрів в режимі реального часу;
- надання широких меж керування;
- розширення спектру самодіагностування;
- самовідновлення в рамках дотримання надійності;
- забезпеченість повномасштабною інформацією.

За допомогою розумних приладів із доступом до Інтернету, що використовують вбудовані системи [6, с. 219] можна створювати безліч автоматичних систем, які на основі даних, що одержують із своїх середовищ будуть контролювати всіма технологічними процесами. Тобто всі електричні прилади, установки можна об'єднувати в єдину мережу, де вони будуть взаємодіяти між собою, та налаштовувати їх так, щоб вони працювали автоматично за заданою програмою, або відповідно змінам показів датчиків, з умовою, що комп'ютер повинен мати постійний вихід до Інтернет мережі. Протоколи підключення, мережеві зв'язки та комунікації, що використовуються

розумними пристроями, значною мірою залежать від певних використаних програм. Таким чином можна збирати, обробляти та надсилати дані до інших об'єктів, додатків чи серверів. Протоколи програми дозволяють цим об'єктам спілкуватися та обмінюватися даними [6, с. 222].

Враховуючи всі ці фактори було розроблено та виготовлено універсальну автоматичну систему керування електроустаткуванням (Рис. 1), на прикладі житлового будинку, яка реалізує задані функції на базі новітніх «розумних» пристроїв і складається з:

- системи освітлення;
- системи опалення;
- системи вентиляції;
- системи створення затишку;
- система аудіо-відеоспостереження;
- системи водопостачання;
- системи керування електроприводом;
- системи обліку витрати електроенергії.

Всі ці системи можна використати в приміщеннях закритого ґрунту.

За рахунок концепції Smart технологій всі перелічені вище системи функціонально пов'язані між собою та об'єднані у єдину мережу з виходом в Інтернет. Керування процесами передбачено за допомогою пульта, персонального комп'ютера та смартфона. Досліджено, що в такій системі всі пристрої працюють злагоджено, взаємопов'язано тому виникає можливість:

- ефективно економити енергоресурси;
- контролювати стан електропристроїв;

- підтримувати мікрокліматичні параметри в приміщенні;
- за заданою програмою або в реальному часі керувати роботою електропристроїв;
- забезпечити надійну охорону від ненормальних режимів роботи;
- задавати режими роботи електроустановок з будь-якого місця знаходження;
- регулювати потужність пристроїв, тобто створювати економний режим;
- одночасно виконувати керування роботою всіма електропристроями.

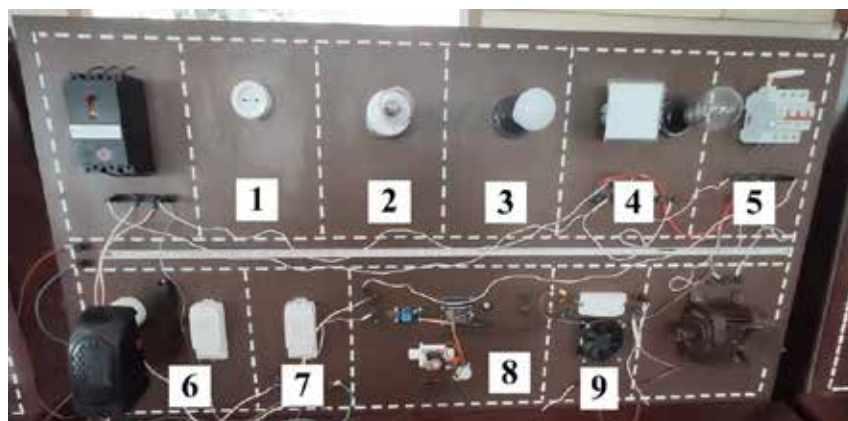
Ця система легко переналаштовується на любой режим роботи. Може працювати за рахунок датчиків, може робити в режимі реального часу, або підчинятися прописаному сценарію.

Підлаштовуючи цю систему під теплицю можна перевести її в статус розумної, що дозволить ефективніше використати ресурси, покращити енергетичні показники, підвищити якість продукції. Тобто створити теплицю нового типу, теплицю майбутнього де посилюється роль інформаційно насичених капітальних ресурсів, товарів, технологій, висококваліфікованих людських ресурсів, які не просто володіють великими обсягами сучасних знань [7, с. 89], але вміють їх реалізовувати та породжувати нові знання, які базуються на інформаційно-комунікаційних технологіях.

Порівняно з іншими галузями промисловості робота теплиць відрізняється специфікою виконання технологічних процесів і характеризується



а)

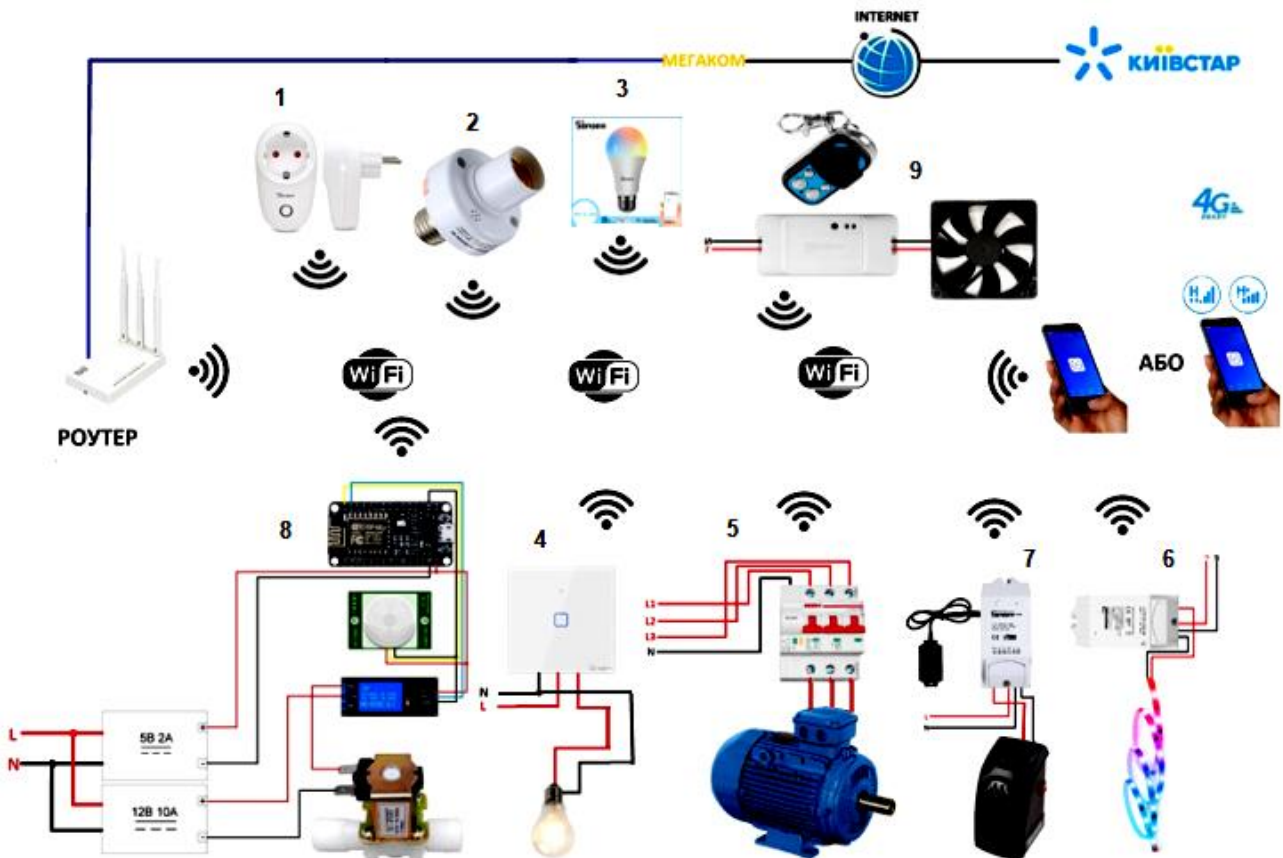


б)

**Рис. 1. Загальний вигляд автоматизованої системи керування**

а) 1 – Монітор сервера, ПК; 2 – Кнопка увімкнення/вимкнення живлення сервера, ПК, роутера 2; 3 – Кнопка увімкнення сервера, ПК; 4 – RFID сканер, для розблокування кнопки увімкнення сервера, ПК;

б) 1 – Sonoff S26; 2 – Sonoff Slampher; 3 – Sonoff Lamp; 4 – Sonoff TX 0EUI C; 5 – автоматичний вимикач HOCH ZJSB9-80Z; 6 – Sonoff TH10; 7 – Sonoff POW R2; 8 – ESP NodeMcu; 9 – Sonoff RF



**Рис. 2 – Підключення інтелектуальних пристроїв**

1 – смарт-розетка Sonoff S26, керує живленням камери; 2 – смарт-патрон Sonoff Slampher, має ті ж самі функції що й смарт-розетка Sonoff S26, але використовується для звичайної лампочки; 3 – смарт-лампа Sonoff Lamp, вкручується в звичайний патрон; 4 – смарт-вимикач Sonoff TX 0EU1C, керує лампою розжарення; 5 – смарт автоматичний вимикач HOCH ZJSB9-80Z, керує 3-х фазним електродвигуном; 6 – смарт реле Sonoff TH10 з датчиком температури і вологості повітря, керує обігрівною установкою; 7 – смарт реле Sonoff POW з вимірюванням в реальному часі напруги, струму, споживання електроенергії в "Вт", керує світлодіодною стрічкою, хоча можна його підключати до любого електропристрою; 8 – розроблений смарт-пристрій/реле на базі мікросхеми NodeMcu з PIR датчиком (датчик руху), керує електромагнітним клапаном подачі води; 9 – смарт реле Sonoff RF з радіо-пультом (крім смартфона і фізичної кнопки на самому пристрої ще також можна керувати живленням підключеного приладу/пристрою за допомогою радіо-пульту), керує вентиляційною установкою.

багатоопераційністю, трудомісткістю і швидкозмінністю, так як постійно залежить від впливу зовнішніх і внутрішніх факторів, що пов'язують між собою метеорологічні показники. Від правильного керування технологічними процесами теплиці залежить стабільність врожаїв, висока якість продукції. Так як статичні і динамічні характеристики деяких пристроїв і технологічних вузлів ускладнюють процес якісного керування, тому впровадження нових технологій при автоматизації процесів залежить від програмного забезпечення, що здатне приймати самостійні рішення та з заданою точністю підтримувати температурно-вологісний режим і економне споживання теплової та електричної енергії, а також залежить від протоколу, який служить для створення взаємозв'язку із сервером системи.

Розглянемо основні принципи, ознаки та технології які реалізовані в даній системі. Сутність створення системи полягає в тому, що перш за все прагнули забезпечити максимальну ефективність системи, створення зворотного зв'язку за рахунок інформаційно-комунікаційних технологій та можливість адаптації в любому середовищі, досягнути значної гнучкості в керуванні, по-друге намагались покращити якість керування технологічними процесами в наслідок інтеграції та реалізації концепцій Smart технологій, досягнення можливості дистанційного керування завдяки Інтернет мережі, надання адміністративних послуг на базі електронно-цифрових технологій, використання всебічної модернізації енергетичного обладнання шляхом впровадження інтелектуальних пристроїв, покращення стану обслуговуючого пер-

соналу за допомогою впровадження технічних новинок, що дозволяють функціонувати Інтернет ресурсам. Діло в тому, щоб бути актуальним у сучасному світі потрібно вміло використовувати новинки технічного, технологічного і інформаційного прогресу [8, с. 58].

Автоматизовану систему, яка сформована на концепціях Smart технологій, можна спрямувати на виконання конкретних дій. Тобто, розроблений і виготовлений системі керування електропристроями надано багато можливостей, порівняно з іншими автоматичними системами. Система одночасно збирає інформацію про стан оточуючого середовища, моніторить про якість показників, обробляє надану інформацію, удосконалює систему керування, розпізнає конкретні ситуації та реагує на них, здійснює керування згідно розробленим алгоритмам.

Використання розробленої системи надає можливість з заданою точністю регулювати мікрокліматичні параметри сучасної теплиці, не дивлячись на те, що параметри теплиці нестабільні, незадовільна динаміка із-за дії різноманітних факторів, тому від системи вимагається гнучкість керування, та ставляться підвищені вимоги.

Керування мікрокліматичними параметрами створюється за рахунок додатків eWelink, що дає можливість керувати всіма інтелектуальними пристроями, крім розробленого смарт-пристрою-реле на базі мікросхеми NodeMcu з PIR датчиком, тобто дані передаються у хмарну платформу через WiFi маршрутизатор і Home Assistant, який керує всіма пристроями і зосереджений на конфіденційності та локальному контролі. Home Assistant підтримує понад 1000 сервісів та апаратних засобів. Програма працює як концентратор для пристроїв і дозволяє контролювати все, чим можна керувати з одного місця. При цьому можна запрограмувати логічні послідовності виконання конкретних задач.

За допомогою мобільного додатку для користування месенджером Telegram, було розроблено Telegram БОТ і записано на веб-сервісі GitHub для керування системою, переналаштування програми, перегляду історії параметрів і подій за різні проміжки часу (день, тиждень, місяць), програмування необхідних сценаріїв, збір та обробка інформації, що подається від аналогових і дискретних датчиків, зберігання інформації, задання керуючих параметрів, візуалізація всіх технологічних процесів, обираючи найкращий алгоритмів керування та моніторинг параметрів мікроклімату в режимі реального часу.

Існує дуже багато схожих додатків для керування автоматизованих систем, але так як не існує стандартного методу керування та єдиного ідеального рішення, намагаючись вирішити поставлені задачі при розробці автоматичної системи керування, було використано платформу Home Assistant, яка відповідає наступним критеріям:

- доступність платформи;
- простота як в налаштуванні, так і в експлуатації;
- можливість підтримки необмеженої кількості пристроїв;
- можливість взаємодіяти з іншими платформами;
- надійність;
- гнучкість керування.

#### **Висновки.**

Впровадження енергоощадних новітніх технологій в приміщеннях закритого ґрунту дадуть можливість чіткого керування та контролю параметрів для створення оптимального мікроклімату. Розроблена і виготовлена універсальна система керування може об'єднувати всі системи теплиці в єдине ціле, тобто виконувати всі функції злагоджено і максимально ефективно, що дає можливість підвищити ефективність енергоспоживання, зменшити витрати, а тим самим зекономити кошти.

#### **Список літератури:**

1. Шишко В.О. Автореферат дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр» на тему: «Розробка системи мікроклімату в тепличних господарствах за умови використання сонячної енергії». Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2019. 11 с.
2. Кунанець Н., Пасічник В., Химич Г. Досвід реалізації проектів класу «розумне місто» на основі інформаційних і телекомунікаційних технологій. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 2016. № 14. С. 17–37.
3. Воронжак П.В. Активізаційно-компенсаторний смарт-підхід щодо удосконалення організаційно-економічного інструментарію стратегії інноваційного розвитку промислового підприємства та його концептуальна модель [Електронний ресурс] / П.В. Воронжак // Економіка: реалії часу. – 2015. № 6, (22). С. 206-212. Режим доступу <https://economics.net.ua/files/archive/2015/No6/206.pdf> – доступно на 05.12.2015.
4. Putkina L.V. The concept of process approach to management. В мире научных открытий, 2014. № 9 (57). С. 469-476.

5. Чичкало-Кондрацька І. Б., Буряк А. А., Кондрацька Д. С. Особливості створення та перспективи розвитку smart cities у країнах світу. *Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка»*, 2020. № 8. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8096>. DOI: 10.32702/2307-2105-2020.8.9

6. Базилевич В. М., Мальцева М. В., Петренко Т. А., Черниш Л. Г. Захищена система розумного будинку з використанням Internet of Things. *Технічні науки та технології*, 2020. № 2 (20). С. 218-228.

7. Унінець І.М. Smart-технології у глобальній екосистемі. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, 2020. Вип. 33. Ч. 2. С. 89-93.

8. Олійник Л.В., Бережок Р.О. Економічна ефективність технологій «Smart City». *Економіка і організація управління*, 2020. № 2 9(38). С. 55-67.

#### **Haidukevych S.V., Semenova N.P., Leskiv Ya.A. CONCEPTS OF "SMART TECHNOLOGIES" AND THEIR APPLICATION IN APARTMENTS OF THE CLOSED SOIL**

*The control of technological processes apartments of the closed soil is directly influenced by unsteady behavior of external and internal factors, so greenhouses for proper functioning require a microclimate with certain parameters necessary to create favorable conditions for plant growth regardless of environmental conditions.*

*Maintaining an optimal microclimate requires constant technological, economic and environmental changes dictated by changes in the global world.*

*Implementation of effective energy-saving microclimate management mechanisms based on modern intelligent technologies could satisfy the solution of such problems.*

*At this stage of development in various technological processes are implemented projects implemented on the concepts of Smart technologies.*

*With the help of such intelligent and innovative technologies with access to the Internet, the task is to create an automatic system that could, based on data obtained from their environments, could control the technological processes to create an optimal microclimate in the greenhouse.*

*Developed and manufactured a universal automatic control system of electrical equipment, which implements the functions of lighting, heating, ventilation, plant lighting, audio-video surveillance, water supply, control of electric drive opening and closing transoms, electricity consumption based on the latest "smart" devices. interconnected and integrated into a single network with Internet access. Process control is performed using a remote control, personal computer and smartphone.*

*According to research, the use of Smart technologies and the proposed algorithm of electrical equipment can reduce the use of heat and electricity, adjust the operation of all devices so that they work in harmony and interconnected, which expands the limits of self-diagnosis, minimize losses and reliability.*

**Key words:** greenhouse, control system, Smart technologies, microclimatic parameters.