

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**РЕФЕРАТ НАУКОВОЇ РОБОТИ**

**ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА АПАРАТНО-  
ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ СИСТЕМ  
МОНІТОРИНГУ СТАНУ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦЬ**

**ЛАКТИОНОВ Іван Сергійович** – доктор технічних наук, доцент, завідувач кафедри автоматичної та телекомунікацій ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» МОН України, 03.12.1988 р.н.

**Актуальність роботи та обґрунтування науково-прикладної проблеми.** У теперішній час комп'ютеризовані системи моніторингу знаходять все більше прикладне використання, що обумовлює безперервний пошук науково обґрунтованих шляхів їх розвитку. Однією з таких галузей, потреби якої вимагають невідкладної модернізації шляхом упровадження сучасних комп'ютерних, сенсорних, інфокомунікаційних і мікропроцесорних технологій, є сільське господарство. На сьогоднішній день однією з найбільш важливих галузей, із точки зору забезпечення продовольчої безпеки і цілорічної доступності продуктів харчування, є тепличне овочівництво. Підтвердженням цього факту є динамічне зростання площ теплиць у світі. За даними міжнародної організації FAO за останні десять років цей показник збільшився на 25 % і за оцінками експертів у 2020 р. становить близько 498 тис. га.

З обліком значного доробку в галузі прикладних комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем, у тому числі агротехнічного призначення, варто зазначити, що більшість досліджень присвячені питанням розробки апаратних і програмних рішень вимірювачів окремих параметрів.

Незважаючи на якісне вирішення певних задач розробки програмно-апаратного забезпечення комп'ютеризованих систем, теорія комплексного моніторингу стану аналізованих фізичних середовищ перебуває в стадії становлення. Основними питаннями, що потребують додаткового розвитку на базі відомих теорій є: облік принципів системності й комплексності збору та обробки розподіленої інформації; поглиблення теоретичних основ обґрунтування локацій сенсорів; розвиток фізико-математичного апарату екстраполяції результатів лабораторного моніторингу на реальні об'єкти; облік взаємозв'язків вимірюваних параметрів під час інтерпретації інтегрального стану середовища.

Прикладні аспекти застосування комп'ютеризованих систем, як наукоємність і масштабність сучасного тепличного овочівництва, які задекларовано всесвітньовизнаними організаціями FAO і ASABE на підставі узагальнення багаторічного експертного досвіду, диктують тенденції до вирішення методологічних питань побудови комп'ютеризованих систем комплексного моніторингу стану аналізованих середовищ. Таким чином, відомі результати наукових досліджень не спроможні забезпечити необхідні показники ефективності та інформативності під час протікання технологічних процесів тепличного вирощування без проведення додаткових досліджень із обґрунтування теорії якісного переходу від вимірювань розподілених параметрів до моніторингу інтегрального стану середовища. Все це обумовлює певний дисбаланс між теорією та практикою, що полягає у фрагментарності відомих результатів по відношенню до вимог прикладного застосування комп'ютеризованих систем агротехнічного призначення.

Отже, описана вище **науково-прикладна проблема**, є актуальною та полягає в розвитку теорії побудови комп'ютеризованих систем моніторингу інтегрального стану фізичних середовищ завдяки обґрунтуванню структурно-алгоритмічної організації та розробці інформаційно-вимірювального забезпечення комплексної агрегації та інтерпретації розподілених вимірювальних даних щодо мікроклімату промислових теплиць. Вагомість результату розв'язання цієї проблеми полягає в удосконаленні програмно-

технічної бази вітчизняних тепличних підприємств за рахунок обґрунтування шляхів підвищення ефективності системного застосування поліфункціональних компонент трансформації вимірювальної інформації, що стимулює позитивну динаміку продовольчої безпеки України завдяки підвищенню індикативних показників інвестиційної привабливості та довгострокової стійкості аграрних підприємств із вирощування овочевих культур на захищених ґрунтах.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалася на кафедрі електронної техніки ДВНЗ «ДонНТУ» в період із 2016 по 2020 роки відповідно до Закону України «Про пріоритетні напрями науки і техніки»: інформаційні та комунікаційні технології; згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року» від 07.09.2011 р.: нові апаратні рішення для перспективних засобів обчислювальної техніки, інформаційних та комунікаційних технологій; згідно з постановою Кабінету Міністрів України № 1056 «Деякі питання визначення середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2017 – 2021 роки» від 28.12.2016 р.: розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки та технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу; у рамках таких держ- та госпбюджетних робіт ДВНЗ «ДонНТУ»: «Розробка інтелектуальних вимірювальних модулів електронних систем контролю параметрів фізичних середовищ» (№ ДР 0114U003414), «Розробка методів і засобів підвищення ефективності комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем технологічних процесів» (№ ДР 0117U002754), «Способи аналізу та синтезу апаратно-програмного забезпечення спеціалізованих комп'ютерно-інтегрованих інформаційно-вимірювальних систем» (№ ДР 0119U103994), «Перевірка технічних характеристик і документації програмного забезпечення блоків» (№ 328/18 від 01.01.2018 р.), «Розробка та впровадження комп'ютеризованої системи моніторингу кліматичних параметрів з віддаленою агрегацією результатів на підприємстві

Донецька державна сільськогосподарська дослідна станція НААН України» (№ 19 від 18.05.2020 р.). Автор роботи брав участь у виконанні цих тем як керівник, виконавець і відповідальний виконавець.

**Розвиток роботи.** Претендент на здобуття Премії Президента України для молодих учених Лактіонов І.С. є лауреатом Премії Верховної Ради України молодим ученим за 2019 р. у складі колективу авторів Вовна О.В., Лактіонов І.С. і Лебедев В.А. за цикл наукових праць «Інноваційні інформаційно-вимірювальні комп'ютерно-інтегровані системи для промислових та аграрних підприємств». Проте результати, за які автор претендує на здобуття Премії Президента України для молодих вчених у 2022 р., що нижче узагальнені в основних положеннях наукової новизни і практичної значущості, не входили до циклу праць, за яку автор отримував Премію Верховної Ради України за 2019 р. Наведені нижче науково-прикладні результати є логічним продовженням і розвитком попередньо отриманих.

**Основна мета** роботи полягає в розробці наукових підходів до побудови високоефективних комп'ютеризованих систем моніторингу стану мікроклімату теплиць завдяки використанню розроблених методів і реалізованих засобів комплексної агрегації та інтерпретації розподіленої вимірювальної інформації.

**Об'єктом дослідження** є нестационарні процеси агрегації та інтерпретації вимірювальної інформації щодо інтегрального стану мікроклімату теплиць.

**Предметом дослідження** є методи та засоби комп'ютеризованого моніторингу стану мікроклімату теплиць.

**Методи досліджень:** основу сприяння вирішення науково-прикладної проблеми і досягнення поставленої мети становить комплексний підхід із використанням: методів критичного аналізу й логічного узагальнення; методів моделювання; методів синтезу структурно-алгоритмічних організацій комп'ютеризованих систем; концепції невизначеності та теорії похибок; методів неруйнівного моніторингу фізичних середовищ; теорії ймовірності та математичної статистики; методів планування експерименту; теорії нечіткої логіки; концепції інтернету речей; способів комп'ютерного аналізу результатів

вимірювань; підходах до лабораторних і польових випробувань засобів інформаційно-вимірювальної техніки.

### **Наукова новизна одержаних результатів:**

1. Уперше розроблено метод комп'ютеризованого моніторингу стану мікроклімату теплиць на основі результатів вимірювань розподілених фізико-хімічних параметрів і нечітких алгоритмів трансформації даних, що дозволяє в режимі реального часу встановлювати показники відповідності між поточним і рекомендованим станом мікроклімату та генерувати сигнали корегування технологічних процесів із обліком типів і періодів вегетації рослин.

2. Уперше розроблено теоретичні засади опрацювання результатів лабораторних спостережень щодо адекватності їх екстраполяції на реальні промислові теплиці завдяки розробці фізичної моделі масштабного переходу модель – натура комп'ютеризованої системи моніторингу стану мікроклімату, що дозволяє оптимізувати процедури проектування й упровадження інноваційних технологій в умовах промислових теплиць.

3. Отримали подальшого розвитку наукові основи розробки структурно-алгоритмічного забезпечення комп'ютеризованих систем моніторингу стану мікроклімату теплиць, які, на відміну від існуючих, враховують встановлені нелінійні зв'язки між вимірюваними параметрами під час інтерпретації даних, що дозволяє використовувати такі системи в комплексах автоматизації теплиць та збільшити кількість річних циклів вирощування культур у теплицях на 10 %.

4. Отримав подальшого розвитку метод комп'ютеризованого моніторингу температуро-вологісного стану зони вирощування теплиць, який, на відміну від відомих, враховує комплексний вплив кліматичних факторів, типів і періодів вегетації рослин та інженерного дизайну теплиць на функціональні й метрологічні показники вимірювачів, що дозволило сформулювати вимоги до компонент комп'ютеризованих систем агротехнічного призначення.

5. Отримали подальшого розвитку наукові основи розробки інформаційно-вимірювального забезпечення комп'ютеризованих систем моніторингу стану мікроклімату теплиць, які засновані на положеннях теорії

вимірювальних систем і концепції невизначеності, що дозволяє використовувати серійні комп'ютеризовані компоненти в промислових системах із регламентованими метрологічними показниками, а саме:

5.1. Метод перетворень вимірювальної інформації від цифрових сенсорів температури, який, на відміну від відомих, реалізує програмну компенсацію адитивної й мультиплікативної складових невизначеності вимірювання в діапазоні температур від 5 °С до 90 °С, що дозволяє зменшити сумарну невизначеність на величину від 7 % до 40 % для сенсорів з границями допустимої невизначеності від  $\pm 0,3$  °С до  $\pm 0,5$  °С.

5.2. Метод визначення характеристик перетворення параметричних аналогових сенсорів температури, який, на відміну від відомих, є адаптивним до робочого діапазону та реалізується за двома точками вимірювань із граничною відносною невизначеністю апроксимації  $\pm 2$  % у діапазоні температур від 5 °С до 95 °С, що дозволяє оптимізувати методики калібрування й програми випробувань відповідних засобів вимірювань.

5.3. Метод перетворень інформації у вимірювальному каналі ефективної енергетичної освітленості, який, на відміну від відомих, реалізує програмну компенсацію адитивної й мультиплікативної складових невизначеності, що дозволило зменшити відносну невизначеність апроксимації під час вимірювання освітленості з 12,7 % до 0,1 % у діапазоні від 29800 лк до 96850 лк і з 19 % до 5,4 % у діапазоні від 4470 лк до 29800 лк.

5.4. Метод перетворень інформації у вимірювальному каналі електропровідності поливного розчину, який, на відміну від відомих, базується на комплексній апаратно-програмній компенсації дестабілізуючого впливу динаміки температури, що дозволило зменшити граничну відносну невизначеність вимірювань з  $\pm 10,5$  % до  $\pm 3,8$  % у робочому діапазоні.

6. Удосконалено метод мережевої агрегації вимірювальної інформації, який, на відміну від відомих, реалізує алгоритми виявлення та програмного усунення типових помилок у роботі функціональних модулів системи, що дозволило зменшити ймовірність виникнення невизначеностей у результатах

вимірювань із 0,6 % до 0,01 % під час мережевої трансформації інформації.

**Практичне значення** одержаних результатів роботи полягає в розширенні й поглибленні області впровадження та використання серійних поліфункціональних комп'ютеризованих компонент під час реалізації комплексного комп'ютеризованого моніторингу стану мікроклімату теплиць, що забезпечує можливість підвищення ефективності протікання технологічних процесів тепличного вирощування, а саме:

1. Розроблено й упроваджено дослідний зразок комп'ютеризованої системи моніторингу кліматичних параметрів із віддаленою агрегацією результатів для Донецької державної сільськогосподарської дослідної станції НААН України.

2. Обґрунтовано й упроваджено методики градуювання й калібрування комп'ютеризованих засобів вимірювань фізичних параметрів, які використано в умовах ДП «Укрметртестстандарт» і ДП «Донецькстандартметрологія» при вдосконаленні існуючих та розробці нових програм випробувань засобів вимірювальної техніки фізико-хімічних величин.

3. Науково-практичні результати використано під час розробки комплексної програми економічного розвитку сільських територій Донецької області на 2018–2022 роки, а також при розробці стратегії розвитку галузі рослинництва, формуванні заходів щодо підвищення інвестиційної привабливості та довгострокової стійкості агропромислових виробництв.

4. Розроблено методику фізичного моделювання процесу моніторингу стану мікроклімату теплиць на базі методу масштабних перетворень.

5. Розроблено й упроваджено програмні компоненти для локальної й віддаленої агрегації, обробки та візуалізації результатів спостережень за динамікою параметрів мікроклімату теплиць на базі концепції Internet of Things.

6. Доведено ефективність використання розробленої системи моніторингу стану мікроклімату теплиць на підставі прискорення процесів фотосинтезу та евапотранспірації тепличних огірків F1 через облік періоду дозрівання, який зменшено на 11,2 % у порівнянні з використовуваними технологіями, що

дозволяє збільшити кількість річних циклів вирощування на 10 %.

7. Основні результати досліджень впроваджено до навчального процесу кафедр електронної техніки, автоматики і телекомунікацій, електричної інженерії ДВНЗ «ДонНТУ» (м. Покровськ).

**Графічний матеріал, що засвідчує реалізацію і впровадження.**



Рисунок 1 – Загальний вигляд дослідного зразка комп'ютеризованої теплиці



Рисунок 2 – Блок моніторингу зовнішніх кліматичних параметрів



Рисунок 3 – Мікропроцесорний блок системи моніторингу

**Особистий внесок претендента. Основні науково-практичні результати**



роботи, які узагальнено в науковій новизні та практичному значенні роботи, отримано автором самостійно, а саме: сформульовано науково-прикладну проблему, мету й задачі досліджень; обрано методи досліджень; обґрунтовано підходи до розв'язання задач роботи; проведено аналіз отриманих результатів досліджень; сформульовано перспективні напрямки подальших досліджень і висновки. Автором особисто проведено аналіз сучасного стану питання розробок комп'ютеризованих систем моніторингу стану мікроклімату теплиць; обґрунтовано теоретичні підходи до розробки й дослідження системи моніторингу; виконано оцінку метрологічних і функціональних характеристик розроблених методів і засобів підвищення ефективності системи; обґрунтовано концептуальні засади щодо структурно-алгоритмічної організації системи. Претендент готував плани і приймав безпосередню участь у експериментальних випробуваннях системи та розробці й тестуванні програмних компонент.

**Апробація результатів роботи:** II, III, IV, VI Всеукраїнська науково-технічна конференція «Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей і рішень» (Покровськ, 2016, 2017, 2018, 2020); III International Scientific and Practical Conference «Science and Education – Our Future» (Ajman, 2016); 2016 IEEE Міжнародна конференція з інформаційно-телекомунікаційних технологій та радіоелектроніки: УкрМіКо'2016 (Київ, 2016); Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених «Телекомунікації, автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології» (Покровськ, 2016, 2017, 2020); XVI Міжнародна науково-технічна конференція «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи» (Київ, 2017); IV Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем»: MEICS-2019 (Дніпро, 2019); III Міжнародна науково-практична конференція «Прикладні науково-технічні дослідження» (Івано-Франківськ, 2019); 5-а Міжнародна наукова конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах»: ВКДТС-2019 (Вінниця, 2019); XI International Scientific and Practical Conference «International Trends in Science and Technology» (Warsaw, 2019); IEEE International Conference on Modern

electrical and energy systems (Кременчук, 2019); IV Всеукраїнська науково-практична конференція «Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку» (Луцьк, 2020); XXI міжнародна виставка науково-технічних розробок elcomUkraine' 2017 (Київ, 2017); XXXI Міжнародна агропромислова виставка: АГРО-2019 (Київ, 2019); Рада регіонального розвитку Донецької області (Маріуполь, 2019); Гран-прі національного конкурсу Ukraine Smart Awards – 2020 у номінації «Smart Agro» (Київ, 2020).

**Публікації.** Основні результати опубліковано в 50 працях, з яких: 2 монографії; 2 навчальні посібники; 14 статей у виданнях Scopus і WoS; 12 статей у наукових фахових виданнях України; 17 статей у збірниках матеріалів конференцій (1 із них індексована в Scopus та IEEE Xplore, 2 – закордонні); 1 патент України на винахід і 2 патенти України на корисну модель.

**Показники цитування:** загальна кількість посилань на публікації автора / h-індекс роботи, згідно баз даних складає відповідно: Web of Science – 9/2, Scopus – 60/5, Google Scholar – 96/5.

**Загальний висновок.** У результаті проведених досліджень та практичного їх упровадження було розв'язано важливу науково-прикладну проблему розвитку теорії побудови комп'ютеризованих систем моніторингу інтегрального стану фізичних середовищ завдяки обґрунтуванню структурно-алгоритмічної організації та розробці інформаційно-вимірювального забезпечення агрегації та інтерпретації розподілених вимірювальних даних щодо мікроклімату промислових теплиць. Вагомість результату розв'язання цієї проблеми полягає в розвитку програмно-технічної бази вітчизняних тепличних підприємств, що стимулює позитивну динаміку продовольчої безпеки України завдяки підвищенню інвестиційної привабливості та довгострокової стійкості аграрних підприємств із вирощування овочевих культур на захищених ґрунтах.

«18» січня 2022 р.



Іван ЛАКТИОНОВ

## ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ ПРЕТЕНДЕНТА, В ЯКИХ ВІДОБРАЖЕНО ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

### Монографії:

1. **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В., Зорі А.А. Комп'ютеризовані вимірювачі комплексу фізичних параметрів ґрунтів та мікроклімату промислових теплиць: монографія. Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2016. 212 с.

2. Вовна О.В., **Лактіонов І.С.**, Лебедев В.А. Комп'ютерно-інтегрований моніторинг та керування в промислових теплицях: поточні результати і перспективи досліджень: монографія. Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2020. 255 с.

### Навчальні посібники:

3. Сенько В.Ф., Вовна О.В., **Лактіонов І.С.** Теорія електричних кіл: навч. посіб. Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2017. 254 с.

4. Сенько В.Ф., Вовна О.В., **Лактіонов І.С.** Теорія електричних кіл. Практикум: навч. посіб. Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2018. 214 с.

*Статті у наукових періодичних виданнях, які проіндексовано в базах даних Web of Science Core Collection та / або Scopus:*

5. **Laktionov I.**, Vovna O., Zori A. Concept of low cost computerized measuring system for microclimate parameters of greenhouses. *Bulg. Journal of Agric. Sc.* 2017. Vol. 23 (4). P. 668–673. (Q3 – engineering scope).

6. **Laktionov I.S.**, Vovna O.V., Zori A.A. Planning of remote experimental research on effects of greenhouse microclimate parameters on vegetable crop-producing. *International Journal On Smart Sensing and Intelligent Systems.* 2017. Vol. 10 (4). P. 845–862. (Q3 – control and systems engineering scope).

7. Vovna O., **Laktionov I.**, Sukach S., Kabanets M., Cherevko E. Method of adaptive control of effective energy lighting of greenhouses in the visible optical range. *Bulg. Journal of Agric. Sc.* 2018. Vol. 24 (2). P. 335–340. (Q3 – engineering scope).

8. **Laktionov I.**, Vovna O., Cherevko O., Kozlovskaya T. Mathematical model for monitoring carbon dioxide concentration in industrial greenhouses. *Agronomy Research.* 2018. Vol. 16 (1). P. 134–146. (Q3 – engineering scope).

9. **Laktionov I.S.**, Vovna O.V., Zori A.A., Lebediev V.A. Results of simulation and physical modeling of the computerized monitoring and control system for greenhouse microclimate parameters. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems.* 2018. Vol. 11 (1). P. 1–15. (Q4 – control and systems engineering scope).

10. **Laktionov I.**, Vovna O., Getman I., Maryna A., Lebediev V. Results of experimental research on computerized intellectual monitoring means of effective greenhouse illumination. *International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems.* 2019. Vol. 12 (1). P. 1–19. (Q3 – control and systems engineering scope).

11. **Laktionov I.S.**, Vovna O.V., Bashkov Y.O., Zori A.A., Lebediev V.A. Improved Computer-Oriented Method for Processing of Measurement Information on Greenhouse Microclimate. *Int. J. Bioautomation.* 2019. Vol. 23 (1). P. 71–86. (Q3 – bioinformatics scope).

12. Sukach S., Kozlovskaya T., Sergiyenko I., Gliva V., Vovna O., **Laktionov I.** Research and formation of qualitative hydro air ion composition in agricultural premises. *Bulg. Journal of Agric. Sc.* 2019. Vol. 25 (2). P. 256–263. (Q3 – engineering scope).

13. Vovna O., **Laktionov I.**, Andrieieva A., Petelin E., Shtepa O., Laktionova H. Optimized Calibration Method for Analog Parametric Temperature Sensors. *Instrumentation Measure Metrologie.* 2019. Vol. 18 (6). P. 517–526. (Q4 – instrumentation scope).

14. Vovna O.V., **Laktionov I.S.**, Dobrovolska L.O., Kabanets M.M., Lebediev V.A. Evaluation of metrological characteristics of a computerized conductivity meter of irrigation solution based on the uncertainty theory. *Journal Europeen des Systemes Automatises.* 2019. Vol. 52 (4). P. 333–340. (Q4 – control and systems engineering scope).

15. Vovna O.V., **Laktionov I.S.**, Koyfman O.O., Stashkevych I.I., Lebediev V.A. Study of Metrological Characteristics of Low-Cost Digital Temperature Sensors for Greenhouse Conditions.

*Serbian Journal of Electrical Engineering*. 2020. Vol. 17 (1). P. 1–20. (Q4 – control engineering scope).

16. **Laktionov I.**, Vovna O., Bondarenko V., Zori A., Lebediev V. Rationale for the structural and algorithmic organization of a computerized monitoring and control system for greenhouse microclimate using the scale transformation method. *Int. J. Bioautomation*. 2020. Vol. 24 (1). P. 51–64. (Q3 – bioinformatics scope).

17. **Laktionov I.S.**, Vovna O.V., Kabanets M.M., Derzhevetska M.A., Zori A.A. Mathematical Model of Measuring Monitoring and Temperature Control of Growing Vegetables in Greenhouses. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*. 2020. Vol. 15 (3). P. 325–336. (Q3 – eco-informatics scope).

18. **Laktionov I.S.**, Vovna O.V., Kabanets M.M., Getman I.A., Zolotarova O.V. Computer-Integrated Device for Acidity Measurement Monitoring in Greenhouse Conditions with Compensation of Destabilizing Factors. *Instrumentation Measure Metrologie*. 2020. Vol. 19 (4). P. 243–253. (Q4 – instrumentation scope).

*Статті у наукових фахових виданнях України:*

19. **Лактіонов І.С.** Дослідження процесу комп'ютеризованих вимірювань фізичних параметрів ґрунтів промислових теплиць. *Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка»*. 2016. Вип. 1 (22)' 2016. С. 117–123.

20. **Лактіонов І.С.** Результати експериментальних досліджень комп'ютеризованого вимірювача фізичних параметрів тепличних ґрунтів з компенсацією дестабілізуючих впливів. *Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: «Обчислювальна техніка та автоматизація»*. 2016. Вип. 1 (29)' 2016. С. 124–135.

21. **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В., Зорі А.А. Реалізація комп'ютеризованої системи віддаленого моніторингу та керування параметрами мікроклімату промислових теплиць. *Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка»*. 2017. Вип. 1 (24)' 2017. С. 85–90.

22. **Лактіонов І.С.** Обґрунтування моделі багатофакторної оцінки та прогнозування параметрів якості вирощування культур на захищеному ґрунті. *Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: «Обчислювальна техніка та автоматизація»*. 2017. Вип. 1 (30)' 2017. С. 29–37.

23. Вовна О.В., **Лактіонов І.С.**, Зорі А.А. Макетний зразок комп'ютеризованого вимірювача параметрів мікроклімату промислових теплиць. *Вісник НТУ «ХП»*. Сер.: *Електроенергетика та перетворювальна техніка*. 2017. № 4 (1226). С. 14–18.

24. **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В., Лебедев В.А. Методика та результати лабораторних випробувань комп'ютеризованого вимірювача вологості тепличних ґрунтів. *Вісник ЖДТУ*. Сер.: *Технічні науки*. 2018. № 1 (81). С. 136–143.

25. **Лактіонов І.С.**, Лебедев В.А. Результати розробки та натурної реалізації лабораторного зразка комп'ютеризованої теплиці. *Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка*. 2018. Вип. 1 (26). С. 25–33.

26. **Лактіонов І.С.**, Лебедев В.А. Комп'ютеризована технологія агрегації та обробки результатів градування вимірювача вологості тепличних ґрунтів. *Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: Обчислювальна техніка та автоматизація*. 2018. Вип. 1 (31). С. 97–107.

27. **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В., Бережний М.О., Лебедев В.А. Комп'ютеризована система комплексного моніторингу й керування мікрокліматом промислових теплиць на базі нечіткої логіки. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2019. № 3 (116). С. 120–129.

28. **Лактіонов І.С.**, Лебедев В.А., Лактіонова Г.А., Бережний М.О. Обґрунтування плану експериментальних досліджень комп'ютеризованої системи моніторингу та керування зволоженням тепличних культур. *Наук. пр. Донецьк. нац. техн. ун-ту. Сер.: Обчислювальна техніка та автоматизація*. 2019. Вип. 1 (32)' 2019. С. 103–113.

29. Бережний М.О., **Лактіонов І.С.**, Лебедев В.А. Інформаційно-вимірювальна система моніторингу й керування автоматичним поливом рослин у теплицях на базі нечіткої логіки. *Перспективні технології та прилади*. 2020. № 16. С. 6–13.

30. **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В., Лебедев В.А., Лактіонова Г.А. Результати розробки та дослідження комп'ютеризованої системи моніторингу кліматичних параметрів для сільськогосподарських об'єктів. *Технічна інженерія*. 2020. № 1 (85). С. 165–170.

*Патенти України на винаходи та корисні моделі:*

31. Патент на винахід: Спосіб вимірювання концентрації газів: пат. UA 21073 C2 Україна: МПК G01N 21/00 G01N 21/31 (2006.01) G01N 21/35 (2014.01). № а 201806817; заявл. 15.06.2018; опубл. 25.03.2020, Бюл. № 6. 8 с.

32. Патент на КМ: Спосіб визначення коефіцієнтів статичної характеристики перетворення параметричних датчиків температури: пат. 142818 U Україна: МПК G01K 15/00. № u 202000824; заявл. 10.02.2020; опубл. 25.06.2020, Бюл. № 12. 9 с.

33. Патент на КМ: Спосіб адаптивного освітлення тепличних культур у спорудах захищеного ґрунту: пат. 144556 U Україна: МПК A01G 9/20, A01G 9/26. № u 202002517; заявл. 22.04.2020; опубл. 12.10.2020, Бюл. № 19. 8 с.

*Наукові праці в збірках матеріалів конференцій:*

34. **Laktionov I.**, Lebediev V., Vovna O., Zolotarova O., Sukach S. Results of Researches of Metrological Characteristics of Analog Temperature Sensors. *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)* (Kremenchuk, 23–25 Sept. 2019). Kremenchuk, 2019. P. 478–481. (*Scopus*)

35. **Лактіонов І.С.**, Михайлюта І.А., Лебедев В.А., Хабаров К.С. Комп'ютеризована система контролю мікроклімату теплиц с использованием инфокоммуникационных технологий. *Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «ТАК»* (Покровськ, 29 – 30 лист. 2016). Покровськ, 2016. С. 165–167.

36. **Лактіонов І.С.**, Михайлюта І.О. Комп'ютеризована система моніторингу параметрів мікроклімату промислових теплиц. *Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень: зб. доповідей II Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів та студентів* (Покровськ, 23–27 трав. 2016). Покровськ, 2016. С. 76–78.

37. **Laktionov I.**, Vovna O., Zori A. Computerized measuring device for microclimate parameters of industrial greenhouses using network technologies. *Materials of scientific and technical conference UkrMiCo' 2016* (Kyiv, 11 – 16 Sept. 2016). Kyiv, 2016. P. 361–364.

38. Вовна О.В., **Лактіонов І.С.**, Ахмедов Р.Н. Апаратно-програмна реалізація комп'ютеризованого вимірювача концентрацій вуглецю для аграрних та вуглевидобувних підприємств. *Proc. of the III Int. Sc. and Pract. Conf. «Science and Education – Our Future»* (Ajman, 29 – 30 Nov. 2016). Ajman, 2016. С. 10–15.

39. **Лактіонов І.С.**, Саланжій В.М. Обґрунтування вимог, щодо реалізації системи контролю електропровідності живильного розчину тепличних культур. *Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «ТАК»* (Покровськ, 29 –30 лист. 2017). Покровськ, 2017. С. 54–57.

40. **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В. Результати розробки та дослідження фізичної моделі розумної штучної екосистеми. *Збірник тез доповідей XVI Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування: стан і перспективи»* (Київ, 16 – 17 трав. 2017). Київ, 2017. С. 96.

41. **Лактіонов І.С.**, Лебедев В.А. Результати розробки макетного образця промислової теплицы с подсистемой удаленного мониторинга параметров технологических процессов. *Зб. тез доповідей III Всеукр. наук.-техн. конф. молодих учених, аспірантів та студентів «Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень» (АКУ-2017)* (Покровськ, 23 – 24 травн. 2017). Покровськ, 2017. С. 43–45.

42. **Лактіонов І.С.**, Саланжій В.М. Розробка структурної схеми електронної системи контролю електропровідності живильного розчину тепличних культур. *Збірник наукових праць IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів та студентів «Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень» (АКУ-2018)* (Покровськ, 22-23 трав. 2018). Покровськ, 2018. С. 116–118.

43. **Лактіонов І.С.**, Лебедев В.А. Результати розробки комп'ютеризованої

інформаційно-виміральної системи кислотності та електропровідності поливного розчину для промислових теплиць. *Зб. матеріалів III міжн. наук.-пр. конф. «Прикладні науково-технічні дослідження»* (Івано-Франківськ, 03 – 05 квіт. 2019). Івано-Франківськ, 2019. С. 96.

44. Зорі А.А., **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В., Лебедев В.А. Результати лабораторних випробувань комп'ютеризованої інформаційно-виміральної системи параметрів мікроклімату теплиць. *«Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах», П'ята міжнародна наукова конференція: збірник тез доповідей* (Вінниця, 29 – 31 жовт. 2019). Вінниця, 2019. С. 71–72.

45. **Laktionov I.**, Cherevko O., Vovna O., Lebediev V. Computerized system of automatic monitoring of irrigation solution parameters under greenhouse conditions. *Proceedings of the XI International Sc. and Pract. Conf. Int. Trends in Sc. and Tech. Vol.1* (Warsaw, 31 Mar. 2019). Warsaw, 2019. P. 12–16.

46. Вовна О., **Лактіонов І.**, Бережний М., Лебедев В. Комп'ютеризована технологія моніторингу й керування системою автоматичного поливу рослин у теплицях на базі нечіткої логіки. *Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем. Тези доп. на IV Всеукраїнській наук.-пр. конф.* (Дніпро, 27 – 29 лист. 2019). Дніпро, 2019. С. 77–78.

47. **Лактіонов І.**, Вовна О., Боричевський В., Лактіонова Г. Комп'ютеризована система моніторингу та керування штучним досвічуванням рослин у теплицях на базі нечіткої логіки. *Перспективні напрямки сучасної електроніки, інформаційних і комп'ютерних систем. Тези доп. на IV Всеукраїнській наук.-пр. конф.* (Дніпро, 27 – 29 лист. 2019). Дніпро, 2019. С. 69–70.

48. Боричевський В., **Лактіонов І.** Мікропроцесорна система моніторингу й керування штучним досвічуванням тепличних культур на базі Matlab & Simulink for Fuzzy Logic Toolbox. *VI Всеукраїнська наук.-техн. конф. молодих учених, аспірантів та студентів «Автоматизація, контроль та управління: пошук ідей та рішень»* (Покровськ, 21 трав. 2020). Покровськ, 2020. С. 29–32.

49. Лебедев В.А., **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В. Результати розробки та впровадження комп'ютерно-інтегрованої технології моніторингу ґрунтокліматичних параметрів. *Приладобудування та метрологія: сучасні проблеми, тенденції розвитку: матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції: збірник тез* (Луцьк, 29 – 30 жовт. 2020). Луцьк, 2020. С. 46 – 47.

50. **Лактіонов І.С.**, Вовна О.В., Лебедев В.А., Лактіонова Г.А. Програмна компонента комп'ютерно-інтегрованої технології моніторингу ґрунтокліматичних параметрів. *Зб. доповідей Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «ТАК»* (Покровськ, 25 – 26 лист. 2020). Покровськ, 2020. С. 76–79.