

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”
к.т.н., доц.
Гетяна ЖЕЛЯСКОВА

“ 26 ” 03 20 25 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 13 від 12.03. 2025 р. розширеного засідання
кафедри Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки: зав.кафедри, к.т.н., доцент Левченко О.В., доц., к.т.н, доцент, Турик В.Н., доц., к.т.н, доцент, Неженцев О.Б, доц., к.т.н., доцент Носко С.В., проф., д.т.н., професор, Ковальов В.А., проф. д.т.н, професор Луговський О.Ф., проф., д.т.н, професор Губарев О.П., проф. д.т.н., професор Узунов О.В., доцент, к.т.н. Костюк Д.В., доцент. к.т.н., доцент Муращенко О.М., доцент. к.т.н., Галецький О.С., доцент. к.т.н., Зілінський А.І., старший викладач, к.т.н. Беліков К.О., аспіранти: Синицина Є.Ю.
- з АТ «АНТОНОВ»: керівник відділу дистанційних систем керування Кравецький Ю.А.
- з кафедри технології виробництва літальних апаратів, КПІ ім. Ігоря Сікорського: доц., заступниця директора Навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту, к.т.н., доцент Холявік О. В.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки **Синициної Єлизавети** за матеріалами дисертаційної роботи “Гідропневматична система об’єкту тепличного господарства середнього об’єму”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Освітньо-наукова програма третього рівня вищої освіти Прикладна механіка.

Тему дисертаційної роботи “Гідропневматична система об’єкту тепличного господарства середнього об’єму” затверджено на засіданні Вченої ради Навчально-наукового Механіко-машинобудівного інституту КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 3 від 23.11. 2020 року).

Науковим керівником затверджений д.т.н., професор Губарев О.П.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

д.т.н., проф. Луговський О.Ф., д.т.н., проф.Узунов О.В., к.т.н., доц. Турик В.М., к.т.н., доц. Левченко О.В.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

рецензент, к.т.н., доц. Костюк Д.В., к.т.н., доц. Турик В.М., д.т.н., проф. Луговський О.Ф., рецензент, д.т.н., проф. Узунов О.В., к.т.н., доц. Левченко О.В., керівник, д.т.н. проф. Губарев О.П.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Гарантоване збільшення виробництва сільськогосподарських продуктів, зокрема овочів, фруктів та зелені, безпосередньо пов’язано з збільшенням площ та продовженням терміну використання тепличних господарств. Додатковим чинником, що спонукає розширення тепличних господарств, є підвищення цін від імпортних виробників, які найчастіше виграють і за ціною, і за якістю. Основною перевагою тепличних об’єктів є вирощування продуктів тривалий період незалежно від зовнішніх кліматичних умов. Важливішою характеристикою тепличних об’єктів є якісна система мікроклімату, яка відповідає комплексу вимог. Другим за вагою показником ефективності теплиці є адаптація мікроклімату до змін параметрів навколишнього середовища. Враховуючи, що ці зміни параметрів мають річний та добовий цикл і постійно впливають на теплицю, є можливість, шляхом адаптації, підвищити продуктивність, ефективність та якість продукції.

Як засвідчила практика, використання адаптивних централізованих систем мікроклімату для тепличних господарств великих об’ємів не виправдане, бо через значну площу і об’єм підтримання сталого режиму мікроклімату в середині всього об’єму є збитково вартісним. Також у теплицях великих об’ємів підвищені вимоги до знезараження рослин і ґрунтів, що ставить обмеження на роботу автоматизованих підсистем. Тепличні об’єкти середнього об’єму позбавлені цих обмежень. Досвід використання адаптивних систем на основі нейронних мереж базується на

статистичних відомостях і усереднених показниках, що не дозволяє враховувати тепломасообмінні процеси в середині теплиці при розробці алгоритму керування. Це обумовлено: значною площею теплиці; відсутністю стабілізованих параметрів температури та вологості повітря у всьому об'ємі; невизначеним алгоритмом керування, що обумовлений змінами параметрів зовнішнього середовища без врахування тепломасообмінних процесів в середині теплиці; значною вартістю тепличного об'єкту. Зняття цих обмежень або зменшення їх впливу для теплиць середнього об'єму дозволить забезпечити підвищення продуктивності тепличного господарства.

Використання адаптивних систем на основі мехатронної системи з пневмо-гідравлічними виконавчими пристроями дозволить зменшити вартість теплиці та має значні потенційні можливості для розширення терміну експлуатації та підвищення якості системи мікроклімату.

Актуальною задачею є розроблення адаптивної мехатронної системи мікроклімату теплиці, яка спроможна стабілізувати та підтримувати мікроклімат при змінах параметрів зовнішнього середовища в визначеному діапазоні.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Роботу виконано на кафедрі прикладної гідроаеромеханіки і мехатроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках складової частини «Ресурсоефективне та чисте виробництво (РЕЧВ)» програми "Європейський Союз для довкілля" (EU4Environment) для країн Східного партнерства.

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше науково обґрунтовано і розроблено структуру мехатронної системи керування мікрокліматом теплиці середнього об'єму в якій використано упереджуюче керування змінами температури і вологості, з використання акумуляуючої спроможності теплиці, на основі прогнозованого дефіциту потужності теплового потоку і прогнозованого дефіциту вологості повітря, що враховують прогноз змін параметрів зовнішнього середовища.

2. Вперше розроблено методику і її реалізацію засобами комп'ютерного моделювання, яка дозволяє визначати добову функцію прогнозованого дефіциту потужності теплового потоку впродовж доби з врахуванням зовнішнього впливу температури повітря, енергії випромінювання та тепломасообмінного процесу в системі провітрювання в діапазоні температур $-15 \dots +22 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Вперше розроблено методику і її реалізацію засобами комп'ютерного моделювання, яка дозволяє визначати добову функцію прогнозованого дефіциту вологості в теплиці впродовж доби на основі змін температури оточуючого середовища та доданої чи вилученої кількості пари через системи провітрювання та зволоження за відомим регламентованим значенням або графіком змін вологості в теплиці.

4. Вперше доведено, що упереджуюче керування в мехатронній системі мікроклімату теплиці середнього об'єму, яке узгоджує функціонування підсистем провітрювання, рециркуляції, зволоження, поливу і обігріву для умов середньої полоси України може забезпечувати до 20% заощадження енергії за рік та зниження встановленої потужності в системі обігріву на 12 ... 26%.

5. Встановлено, шляхом моделювання, що термін стабілізації поля швидкостей в теплиці середнього об'єму має нелінійну залежність від швидкості вхідного потоку і в діапазоні швидкостей від 0,2 до 1,06 м/с становить від 30 секунд до 6 хвилин.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

1. Запропонована мехатронна система керування тепловим і повітряним потоком та потоком вологості дозволяє розширити діапазон допустимих змін параметрів зовнішнього середовища теплиці функціонування системи мікроклімату при збереженні енерговитрат за рахунок накопичення буферного запасу теплової енергії чи надлишкового зволоження повітря в межах допустимих відхилень відповідно до прогнозу змін параметрів зовнішнього середовища, на прикладі прогнозу добових змін температури (7 ... 23 °C) діапазон може бути розширеним до (4 ... 25 °C) шляхом корегування алгоритму керування замість встановлення додаткових потужностей.

2. Розроблений упереджуючий алгоритм керування мехатронною системою мікроклімату дозволяє використовувати два нагрівачі сталої потужності і дискретне керування тепловими потоками з адаптацією до усередненої потужності шляхом зміни співвідношень часу розігріву і часу простою нагрівачів, що забезпечило зниження встановленої потужності на 12%, а саме двох обігрівачів потужністю 3 і 1 кВт замість трьох нагрівачів потужністю 3, 1,5 і 1,0 кВт, із адаптивним графіком їх випереджуючого підключення впродовж доби, що дозволяє обігрівати теплицю по двозональному тарифу за електроенергію і є економічно вигідним під час експлуатації тепличного об'єкту в холодний період року.

3. Отримані за результатами моделювання тепломасообмінних процесів з 3-D моделі теплиці середнього об'єму залежності дозволяють визначати час стабілізації локальних і усереднених значень поля швидкостей в теплиці середнього об'єму в залежності від витрати та швидкості доданого повітряного потоку, які складають для швидкості до 60 секунд для локальних змін і до 15 секунд для усереднених значень для діапазону доданого повітряного потоку від 0,2 до 1,5 м/с та витрати від 1,5 до 3,7 м³/хв.

4. Розроблена методика розрахунку регулятора витрати заслоночного типу дозволяє визначати достатнє зусилля пневматичного приводу і підбирати виконавчі і керуючі пристрої з врахуванням характеристик мережі воздухопроводу і характеристик джерела повітряного потоку та з врахуванням кратності повітрообміну.

5. Апробація результатів дисертації

Результати роботи доповідались на

XXI МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», 06-09 жовтня 2020 р., м. Київ.

Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні», 18 – 21 травня 2021 р., м. Київ.

XXVI Міжнародній науково-технічній конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», 07 – 10 вересня 2021 р., м. Київ.

XXIII Міжнародній науково-технічній конференції АС ПГП «Промислова гідравліка і пневматика», 15 – 16 грудня 2022 р., м. Київ.

Міжнародній науково-технічній конференції “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту”, 01 – 03 червня 2023 р., м. Вінниця.

Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні», 23 квітня – 03 травня 2024 р., м. Київ.

IV Міжнародна наукова конференція «Наукові орієнтири: теорія та практика досліджень», 18 жовтня 2024 р., Вінниця.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація **Синициної Єлизавети** визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача.

За результатами досліджень опубліковано 12 наукових публікацій, у тому числі:

- 3 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, 131 – Прикладна механіка,
- 9 тез виступів на наукових конференціях.

1. Синицина Є., & Космина С. (2023). «Модель об'єкту керування мехатронної системи мікроклімату теплиці середнього об'єму». Mech. Adv. Technol. Vol. 7, № 3, 330–336. DOI: 10.20535/2521-1943.2023.7.3.290773 (Стаття, Фахове видання України, категорія «Б»). Здобувачем виконане

збирання та аналіз даних, розвинення теорії та формування висновків виконано сумісно з співавтором, підготовлено матеріали для публікації.

2. Y. Synytsyna, & O. Hubarev (2024). «Mechatronic greenhouse microclimate temperature control system». Mech. Adv. Technol. Vol. 8, №2 (101), 164–171, DOI: 10.20535/2521-1943.2024.8.2(101).298506 (Стаття, Фахове видання України, категорія «Б»). *Здобувачем виконане математичне та комп'ютерне моделювання, розвинення теорії та формування висновків виконано сумісно з керівником, підготовлено матеріали для публікації.*

3. Синицина Є., & Губарев О. (2024). «Мехатронна система керування вологістю мікроклімату теплиці». Вісник машинобудування та транспорту, Т. 10, №2, 2024, 38-47, DOI: 10.63341/vjmet/2.2024.38 (Стаття, Фахове видання України, категорія «Б»). *Здобувачем виконане математичне та комп'ютерне моделювання, представлення та аналіз результатів, розвинення теорії та формування висновків виконано сумісно з керівником, підготовлено матеріали для публікації.*

4. Синицина Є., & Губарев О. «Адаптивна гідропневматична система мікроклімату автономного тепличного об'єкту». *XXI МНТК «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта», 06-09 жовтня 2020 р., м. Київ. http://conf.mmi.kpi.ua/public/conferences/29/2020/Program_2020.pdf* (Тези, Наукова конференція). *Здобувачем написано базову версію тез доповіді, підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції.*

5. Синицина Є., & Губарев О. «Прогнозування температури в тепличних об'єктах». *Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні», 18 – 21 травня 2021 р., м. Київ. <http://imm-mmi.kpi.ua/proc/article/view/232673>* (Тези, Наукова конференція). *Здобувачем сумісно з керівником написано тези доповіді, самостійно підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції зроблено.*

6. Синицина Є., & Губарев О. «Особливості вентиляції тепличних об'єктів». *XXVI Міжнародній науково-технічній конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», 07 – 10 вересня 2021 р., м. Київ. <http://conf.pgm.kpi.ua/2021/paper/view/24536>* (Тези, Наукова конференція). *Здобувачем сумісно з керівником написано тези доповіді, самостійно підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції.*

7. Синицина Є., & Губарев О. «Забезпечення вхідними даними смарт системи мікроклімату телиці малої площі». *XXVI Міжнародній науково-*

технічній конференції «Гідроаеромеханіка в інженерній практиці», 07 – 10 вересня 2021 р., м. Київ. <http://conf.pgm.kpi.ua/2021/paper/view/24532> (Тези, Наукова конференція). Здобувачем сумісно з керівником написано тези доповіді, самотійно підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції.

8. Синицина Є., & Губарев О. «Вплив матеріалів на регулювання температурного режиму тепличного об'єкту». *XXIII Міжнародній науково-технічній конференції АС ППП «Промислова гідравліка і пневматика»*, 15 – 16 грудня 2022 р., м. Київ. <https://pgm.sumdu.edu.ua/uk/novyny/171-khkhiii-mizhnarodna-naukovo-tekhnichna-konferentsiia-pid-ehidoiu-as-php-promyslova-hidravlika-i-pnevmatyka.html> (Тези, Наукова конференція). Здобувачем сумісно з керівником написано тези доповіді, самотійно підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції.

9. Синицина Є., & Губарев О. «Моделюванню процесів тепло - та масообміну в тепличному об'єкті». *XXIII Міжнародній науково-технічній конференції АС ППП «Промислова гідравліка і пневматика»*, 15 – 16 грудня 2022 р., м. Київ. <https://pgm.sumdu.edu.ua/uk/novyny/171-khkhiii-mizhnarodna-naukovo-tekhnichna-konferentsiia-pid-ehidoiu-as-php-promyslova-hidravlika-i-pnevmatyka.html> (Тези, Наукова конференція). Здобувачем сумісно з керівником написано тези доповіді, самотійно підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції.

10. Синицина Є., & Губарев О. «Гідропневматична смарт-система об'єкта тепличного господарства малого та середнього об'єму» *Міжнародній науково-технічній конференції “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту”*, 01 – 03 червня 2023 р., м. Вінниця. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/view/18239> (Тези, Наукова конференція). Здобувачем сумісно з керівником написано тези доповіді, самотійно підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції.

11. Синицина Є., & Губарев О. «Мехатронна система керування температурою мікроклімату теплиці». *Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні»*, 23 квітня – 03 травня 2024 р., м. Київ. <https://imm-mmi.kpi.ua/imm2024/paper/view/30513> (Тези, Наукова конференція). Здобувачем сумісно з керівником написано тези доповіді, самотійно підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції зроблено.

12. Синицина Є., & Губарев О. «Дослідження спрощеної моделі форсунки для забезпечення вологості в тепличному об'єкті». *IV Міжнародна наукова конференція «Наукові орієнтири: теорія та практика досліджень»*, 18 жовтня 2024 р., Вінниця. <https://archives.mcnd.org.ua/index.php/conference-proceeding/issue/view/18.10.2024/19> (Тези, Наукова конференція). *Здобувачем сумісно з керівником написано тези доповіді, самостійно підготовлено презентацію та зроблено доповідь на конференції зроблено.*

Якість та кількість публікацій відповідають “Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота **Синициної Єлизавети**

“Гідропневматична система об'єкту тепличного господарства середнього об'єму”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 131 – Прикладна механіка за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред'являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПП ім. Ігоря Сікорського третього рівня вищої освіти Прикладна механіка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Гідропневматична система об'єкту тепличного господарства середнього об'єму”, подану **Синициною Єлизаветою** на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПП ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., проф., професор кафедри прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки НН ММІ КПП ім. Ігоря Сікорського,
Луговський Олександр Федорович.

Члени:

Рецензенти:

д.т.н., проф., професор кафедри прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки, КПП ім. Ігоря Сікорського,
Узунов Олександр Васильович.

к.т.н., доцент кафедри прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки,
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
Костюк Дмитро Вікторович.

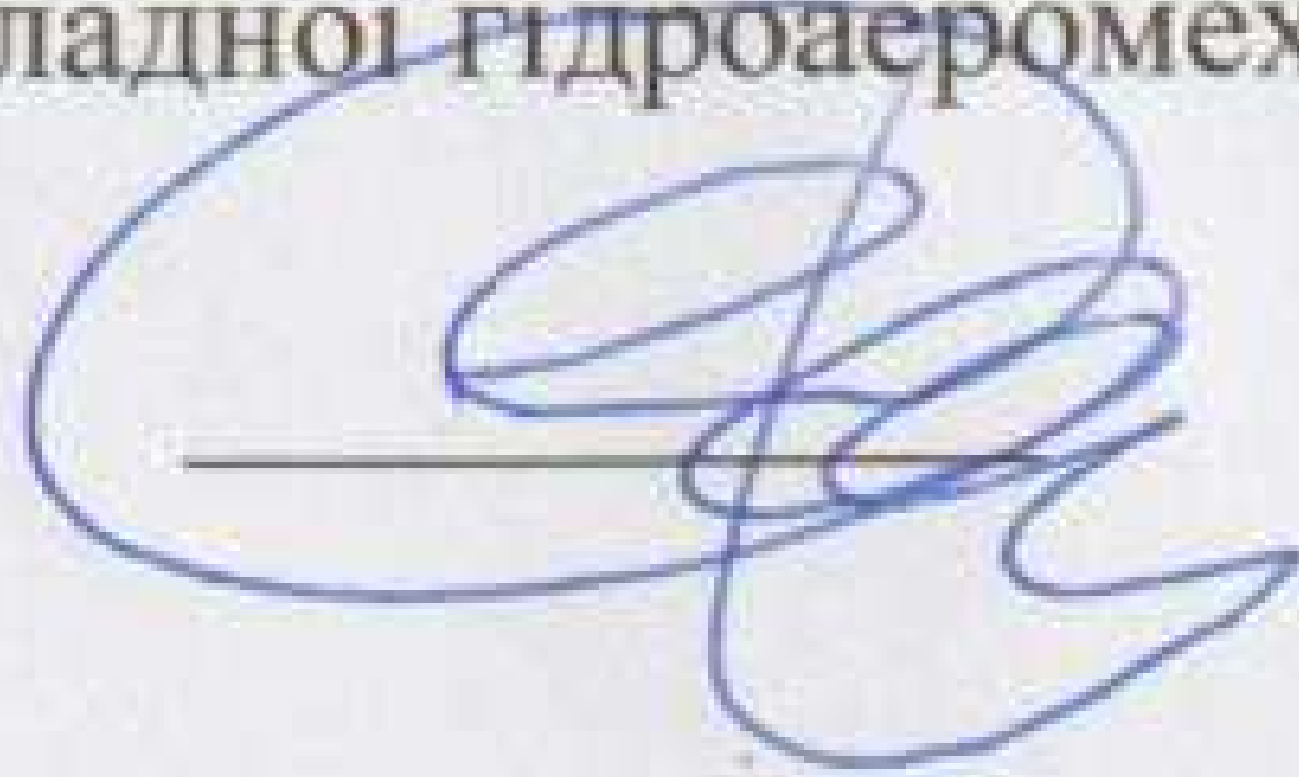
Офіційні опоненти:

д.т.н., проф., зав. кафедри технологічного обладнання та комп'ютерних
технологій проектування Національного університету харчових
технологій,
Якимчук Микола Володимирович.

к.т.н., доц. доцент кафедри технологій та автоматизації
машинобудування Вінницького національного технічного університету,
Петров Олександр Васильович.

Головуючий на засіданні

к.т.н., доцент, зав. кафедри прикладної гідроаеромеханіки
і механотроніки ННММІ



Олег ЛЕВЧЕНКО

Вчений секретар
кафедри прикладної гідроаеромеханіки
і механотроніки
к.т.н., доц.



Альона МУРАЩЕНКО