

Апаратно-програмний симулятор для моделювання температурно-вологісних процесів усередині приміщення

У статті досліджується процес розробки програмної моделі приміщення торговельного центру для стенда-імітатора. Метою статті є використання апаратно-програмного комплексу для моделювання температурно-вологісних процесів у цьому приміщенні. Під час дослідження описуються характеристики об'єкта керування, аналізується його структура та надається перелік функцій для побудови імітаційної моделі його поведінки. Також синтезується рішення у вигляді апаратної та програмної частини. Застосовувані методи містять теорію автоматичного керування, методи аналізу та синтезу об'єктів, моделі взаємодії, програмування SCADA-системи та контролерів. У результаті було описано алгоритми, що моделюють температурно-вологісні процеси в приміщенні. Складено перелік програмних та вхідних-вихідних сигналів об'єкта керування, що дозволяє моделювати його стан. Також наведено результати моделювання розробленої системи керування у взаємодії зі стендом-прототипом. Висновки підтверджують, що розроблена модель спрямована на зменшення витрат на розробку та тестування системи керування, показала свою ефективність. Використання створеної програми-імітатора об'єкта керування показало, що система ефективно симулює поведінку об'єкта, дозволяючи випробувати різноманітні сценарії керування та визначити реакцію об'єкта на різні умови та вхідні дані. Такий підхід сприяє пришвидшенню процесу створення системи керування, а також дозволяє здійснювати тестування без використання реального впливу на об'єкт, що допомагає уникнути можливих ризиків та ускладнень. Проведений аналіз розробленої моделі свідчить про її відповідність реальному об'єкту під час моделювання умов роботи та динаміки об'єкта управління. Результати дослідження підтверджують, що модель враховує різноманітні фактори впливу, які відображаються у зміні керуючого впливу системи керування. Це робить її надійним інструментом для прогнозування та оптимізації роботи об'єкта, що важливо для подальшого вдосконалення системи керування.

Ключові слова: стенд-імітатор; SCADA-система; система автоматизованого керування; торговельний центр; апаратно-програмний комплекс; об'єкт керування.

Актуальність теми. Натурне моделювання є важливим етапом у проектуванні систем керування об'єктами автоматизації, проте воно часто супроводжується великими фінансовими та часовими витратами. По-перше, для виготовлення фізичних моделей необхідно відтворити умови, що близькі до реальних, та мати спеціалізоване обладнання, яке може бути вкрай дорогим. Вартість цих ресурсів може зростати у зв'язку зі складністю моделі та потребою у великій кількості матеріалів. По-друге, процес створення натурної моделі вимагає значних часових зусиль. Від вибору концепції до завершення виготовлення може пройти значний період, який важко прискорити через обмежену швидкість фізичного виробництва. Це особливо актуально у випадку складних чи технічно вимогливих моделей. У цьому контексті розгляд побудови віртуальних моделей може стати більш вигідним варіантом, оскільки вони можуть зменшити витрати та прискорити процес проектування.

Створення моделей об'єкта керування стає необхідністю, коли об'єкт є недоступним або громіздким. У таких ситуаціях прямий доступ може бути обмеженим або небезпечним, що ускладнює проведення спостережень та експериментів. Створення імітаційних моделей дозволяє вченим та інженерам ефективно досліджувати та аналізувати поведінку об'єкта без прямого фізичного втручання. Це особливо актуально в ситуаціях, коли об'єкт розташований у важкодоступних місцях або має великі розміри, наприклад, у випадку будівель, транспортних засобів чи інфраструктурних об'єктів. Моделювання дозволяє правильно відтворити характеристики об'єкта та досліджувати його реакцію на різні вхідні впливи. Використання імітаційних моделей також економічно вигідне, оскільки вони дозволяють виконувати тестування та оптимізацію параметрів керування без прямого фізичного втручання. Це може значно заощадити час та ресурси, які б витратилися на пряме експериментування з реальним об'єктом. Такий підхід дозволяє також випробувати та вдосконалити різні сценарії управління та стратегії без ризику для самого об'єкта. В цілому створення імітаційних моделей об'єкта керування є важливою стратегією для вивчення його поведінки та розробки ефективних методів управління. Процес створення імітаційної моделі об'єкта керування є формалізованим, тому для побудови адекватної моделі, яка буде відповідати реальній, необхідне проходження ряду етапів [1].

Торговельний центр – це об'єкт, до складу якого входить велика кількість приміщень і елементів інфраструктури, що робить його складним об'єктом для досліджень. Це може бути пов'язано з різноманітністю функцій, які він виконує, а також із залежністю його роботи від численних чинників. Один із основних аспектів, який робить дослідження торговельного центру складним, це кількість факторів та характер їхнього впливу на температуру і вологість. Це може бути викликано низкою чинників, пов'язаних із різноманітністю приміщень, великим об'ємом простору, кількістю відвідувачів, роботою вентиляції та кондиціонування повітря, систем опалення та інших технічних систем, що роблять свій внесок у регулювання клімату.

Натурне дослідження в такому великому і різноманітному просторі може бути вкрай важким через потребу великої кількості датчиків і точок вимірювань. Однак побудова математичних моделей для відтворення температурного та вологісного режиму є обґрунтованим інструментом для прогнозування та оптимізації умов у торговельних центрах. Моделі можуть урахувати вплив різних факторів та допомагати в управлінні кліматом у приміщенні для комфорту відвідувачів та оптимізації енергоспоживання.

Аналіз попередніх досліджень. У роботі [1] розглядається процес створення імітатора об'єкта керування. Автори вказують, що для цього необхідна детальна інформація про характеристики об'єкта, контрольовані параметри та опис виконавчих механізмів, які забезпечують керування. Наведено опис розробленого прототипу стенда-імітатора.

Дослідження [2] присвячено технологічним процесам обігріву, кондиціонування та вентиляції приміщень з метою розробки автоматизованої системи контролю мікроклімату приміщень торговельного центру. Надано перелік вхідних-вихідних сигналів вентиляційної установки та датчиків, необхідних для контролю параметрів мікроклімату. Перелік є вихідною інформацією для побудови імітаційної моделі приміщення у цій статті. Необхідність створення стендів є важливим як для реальних технологічних потреб [1, 2], так і для навчальних цілей [3–7].

Швидкий прогрес сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій, цифрових комунікацій та робототехніки активно сприяє розробці та впровадженню мікропроцесорних технологій. Це зазначається в [3] і наголошується на необхідності створення лабораторного стенда для вивчення та дослідження систем автоматичного керування.

У [4] вивчено і проаналізовано переваги та недоліки існуючих лабораторних стендів із віртуальною та дистанційною складовою, здатних організувати бездротовий інтерфейс, і враховано їхню економічність, мобільність, надійність та простоту використання як навчального стенда.

Практичні тренінги в умовах, близьких до промислових, вимагають упровадження інноваційних методів навчання з використанням стендів, як зазначено в [6]. Це досягається завдяки поєднанню реального фізичного об'єкта з віртуальними інструментами для його керування.

У [8] відзначається важливість використання математичного моделювання для скорочення обсягу випробувань та конструкторських робіт. Для досягнення цієї мети авторами пропонується будівництво стендів, а в цій роботі проводиться подальше удосконалення вже розробленого стенда.

Побудована лабораторна станція у [9] допомогла провести випробування з електроактивними полімерними зразками та дослідити залежність довжини зразка під навантаженням від його продуктивності.

Проведений огляд джерел показав, що використання стендів для моделювання, замість проведення експериментів на реальних об'єктах, має кілька переваг. Це дозволяє створювати контрольовані умови, сприяючи ефективному вивченню конкретних аспектів. Основною вигодою є економія часу, оскільки моделювання на стендах дозволяє швидше отримувати результати.

Метою статті є опис програмного комплексу з використанням розробленого стенда-імітатора для приміщення торговельного центру, що є продовженням досліджень, присвячених побудові автоматизованої системи керування параметрами мікроклімату торговельного центру.

Викладення основного матеріалу. Для побудови імітаційної моделі приміщення торговельного центру важливими є геометрія приміщення, робота систем забезпечення комфортного та безпечного клімату, кількість відвідувачів. Як було досліджено у [2], приміщення торговельного центру є об'єктом керування, до якого входить щонайменше шість контрольованих параметрів. Проте для побудови більш точної моделі і досягнення її адекватності, підвищення точності керування, цей перелік необхідно збільшити за рахунок установлення додаткової кількості датчиків.

Приміщення торговельного центру можна розділити на такі програмні підсистеми для побудови його імітаційної моделі:

- обчислення кількості людей у приміщенні і їхнього впливу на температуру повітря;
- вентиляції та кондиціонування;
- роботи персональних комп'ютерів (ПК) та інших пристроїв;
- обігріву;
- імітації температури та вологості в заданих точках середовища.

Ці підсистеми імітації поведінки вимагають розробки алгоритмів та детального опису для визначення їхньої ролі в забезпеченні оптимальних температурно-вологісних параметрів. Деталізований опис є необхідним для чіткого розуміння того, як ці підсистеми взаємодіють та виконують свої функції в контексті створення комфортних умов у приміщенні.

1. Підсистема обчислення кількості людей у приміщенні.

Підсистема призначена для автоматизованого визначення кількості осіб, які знаходяться в певному просторі. Програмні та апаратні засоби, за допомогою яких можливе це визначення, описано у [10]. У цій підсистемі моделюється вплив людини на температуру в приміщенні, із розрахунку, що одна людина є джерелом тепла потужністю від 60 до 100 Вт. Присутність людини в приміщенні моделюється встановленням її в заданій точці (рис. 1). Також можливо задати загальну кількість людей у приміщенні. Тоді враховується їх сумарний вплив на температуру в приміщенні.



Рис. 1. Програмне моделювання кількості людей у приміщенні

На рисунку 1 індикатори зеленого кольору позначають присутність людини, а червоним її відсутність. У програмі задаються місця розташування датчиків температури у просторі. Знаючи вплив людини на навколишню температуру середовища і відстань до датчика можливе моделювання зміни температури всередині приміщення за заданим законом.

2. Підсистема вентиляції та кондиціонування.

Типова система вентиляційної установки для приміщень торговельного центру складається з заслінки, фільтра припливного повітря, теплообмінника (нагрівач або водяний калорифер), вентилятора припливного повітря, регулятора обертів вентилятора, компресорно-конденсаторного блока [2]. Список імітованих датчиків середовища підсистеми наведено в таблиці 1. На рисунку 2, а наведено модальне вікно, що відображає стан вентилятора та поточну температуру припливного повітря, стан датчиків диференціального тиску на фільтрі, стан клапана припливного повітря. У параметрах моделювання можна задати програмні уставки імітації зменшення температури: за лінійним або аперіодичним законом. Так само вказуються коефіцієнти та дискретність часу. На рисунку 2, б обрана лінійна залежність, де під час увімкнення вентиляції відбувається зниження температури на 0,1 градуса за час, що дорівнює 1 секунді.

Стан підсистеми вентиляції та кондиціонування		Параметри симуляції	
Вентилятор приточного повітря	увімкнено	Закон симуляції	лінійний
Клапан припливного повітря	відкритий	Дискретність часу	5 сек
Стан датчика диференціального тиску	у нормі	Дискретність температури	0.3 °C
Температура приточного повітря	26.3 °C		

а

б

Рис. 2: а – модальне вікно задання уставок підсистеми вентиляції та кондиціонування; б – вікно задання параметрів моделювання

3. Підсистема роботи ПК та інших пристроїв.

Ця підсистема імітується заданням додаткових джерел випромінювань, якщо вони присутні в системі (рис. 3) і можуть впливати на температуру в приміщенні.

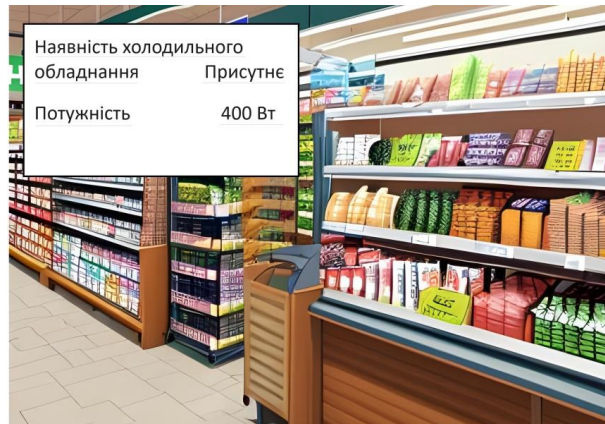


Рис. 3. Вікно задання додаткових джерел моделювання

До цієї підсистеми можна зарахувати комп'ютери, холодильники, тобто джерела з постійним тепловим випромінюванням. Вважається, що такі джерела тепла встановлюються в задалегідь відомих місцях. На мнемосхемі їх можна вимкнути або увімкнути.

4. Підсистема обігріву імітується роботою водяного теплонагрівача (ТЕН), водяного насоса та запорно-регулюючого клапана (рис. 4). Датчиками температури прямої та зворотної води вимірюється температура в системі. Додаткове підвищення температури в системі можливе за допомогою капілярного термостата.

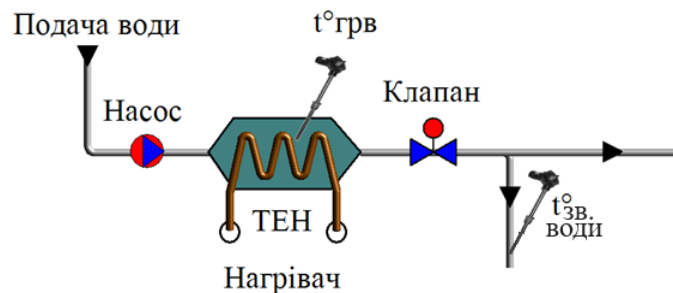


Рис. 4. Програмне моделювання підсистеми обігріву

Додатковий датчик температури вимірює температуру електричного нагрівача, якщо такий є у системі. Для моделювання впливу нагрівачів на повітря використовуються реальні коефіцієнти, отримані шляхом проведення натурних експериментів та вимірів впливу нагрівачів на розподіл температури в приміщенні.

5. Підсистема імітації температури та вологості.

Ця підсистема відображає температури в приміщенні в кожній точці. На ці температури впливають люди, які присутні в приміщенні, прилади, нагрівач, температура припливного повітря. Вікно задання параметрів збільшення температури нагрівача та відповідний закон наведено на рисунку 5.

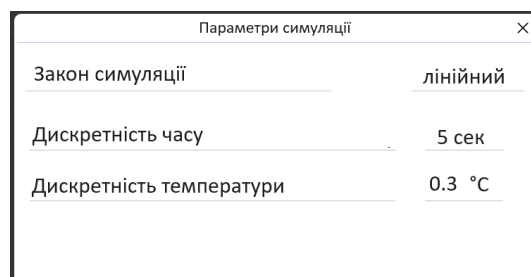


Рис. 5. Параметри симуляції для моделювання зміни температури

Створення імітаційної моделі об'єкта керування. Використовуючи опис об'єкта керування, складено перелік програмних сигналів, що задіяні в моделі, та перелік вхідних-вихідних сигналів, які використовуються в стендах (табл. 1).

Таблиця 1

Перелік вхідних-вихідних сигналів приміщення торговельного центру

№ з/п	Назва підсистеми	Назва параметра	Тип сигналу прототипу	Тип сигналу імітатора
1	Обчислення кількості людей в приміщенні	Кількість людей	-	PS
		Середня температура тіла людини	-	PS
		Середня потужність теплового потоку	-	PS
2	Підсистема вентиляції та кондиціонування	Клапан припливного повітря повністю відкритий	DI	DO
		Диференціальний тиск на фільтрі	DI	DO
		Увімкнуті вентилятор припливного повітря	DO	DI
		Аналогове керування швидкостями вентилятора	AO	AI
		Датчик диференціального тиску на вентиляторі	DI	DO
		Зовнішнє керування станом виконавчих пристроїв	DO	DI
		Датчик температури припливного повітря	AI	AO
		Відкрити клапан припливного повітря 1	DO	DI
		Відкрити клапан припливного повітря 2	DO	DI
		Відкрити клапан припливного повітря 3	DO	DI
		Відкрити клапан припливного повітря 4	DO	DI
3	Підсистема роботи ПК та інших пристроїв	Враховувати роботу ПК	-	PS
		Враховувати роботу додаткових пристроїв	-	PS
4	Підсистема обігріву	Увімкнуті водяний теплонагрівач	DO	DI
		Увімкнуті водяний насос	DO	DI
		Увімкнуті запорно-регулюючий клапан	DO	DI
		Датчик температури прямої води	AI	AO
		Датчик температури зворотної води	AI	AO
		Датчик температури нагрівача	AI	AO
5	Підсистема імітації температури та вологості	Датчик температури повітря в приміщенні 1	AI	AO
		Датчик температури повітря в приміщенні 2	AI	AO
		Датчик температури повітря в приміщенні 3	AI	AO
		Датчик температури повітря в приміщенні 4	AI	AO
		Датчик вологості повітря в приміщенні	AI	AO

Умовні позначення: DI – дискретний вхід, DO – дискретний вихід, AI – аналоговий вхід, AO – аналоговий вихід, PS – програмний сигнал

Програмні параметри додаються шляхом уведення числових значень на мнемосхемі або увімкненням за рахунок використання перемикачів.

Усього використовуються 1 аналоговий та 9 дискретних входів, 3 дискретних та 9 аналогових виходів імітатора. Додатково використовується 5 програмних сигналів.

Розробка комплексу стенда-імітатора. За отриманим переліком вхідних-вихідних сигналів (табл. 1) використовується стенд-імітатор для тестування, отриманий у роботі [10], до складу якого входять:

- блок живлення АКУТЕК БП60Б-Д4-24;
- блок гальванічної розв'язки АКУТЕК БГР2-24/24;
- програмований логічний контролер АКУТЕК ПЛК110-220.60.К-Л, який містить 36 дискретних входів та 24 дискретні виходи;
- модуль уведення МВ110-224.16ДН, який містить 16 дискретних входів;
- модуль аналогового виведення МУ110-224.6У в кількості 2 одиниць. Один модуль містить 6 аналогових виходів 0-10 В;
- інше обладнання для роботи: автоматичний вимикач (механічний), клеми, роз'єми.

Результати моделювання. На рисунку 6 наведено мнемосхему розробленої системи. На цій мнемосхемі реалізовані підсистеми імітації з опису об'єкта керування.

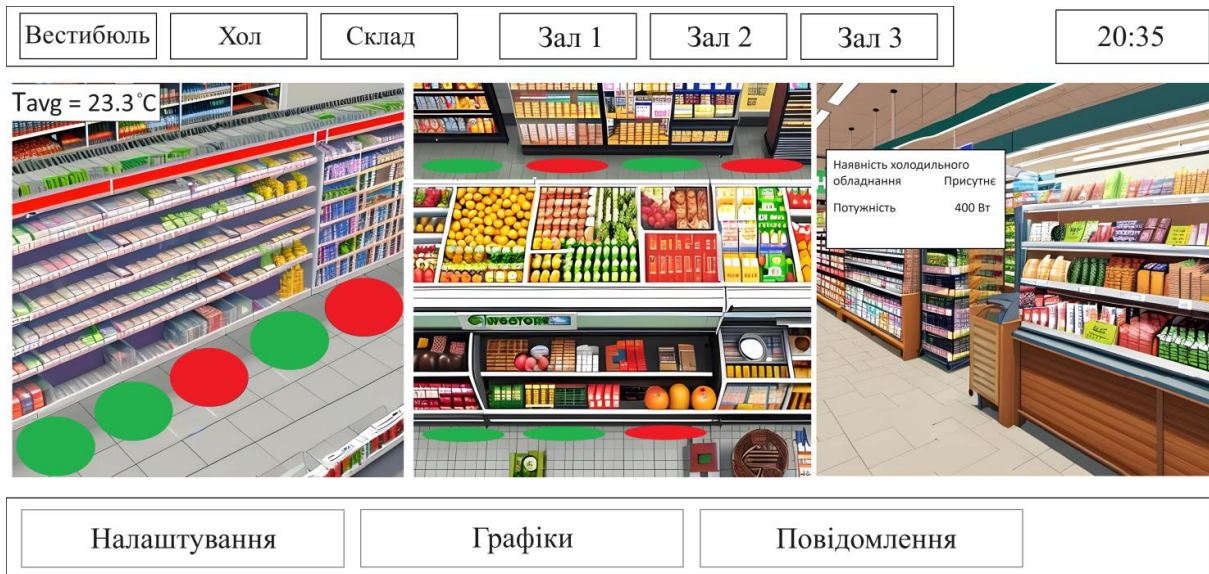


Рис. 6. Мнемосхема торгового приміщення

На рисунках 7 а, б наведено результати використання розробленої системи для перевірки роботи системи керування. На рисунку 7, а наведено графік зміни температури в приміщенні в літній період, а на рисунку 7, б – у зимовий період. Також наведено роботу виконавчих пристроїв – системи кондиціонування та нагрівача.

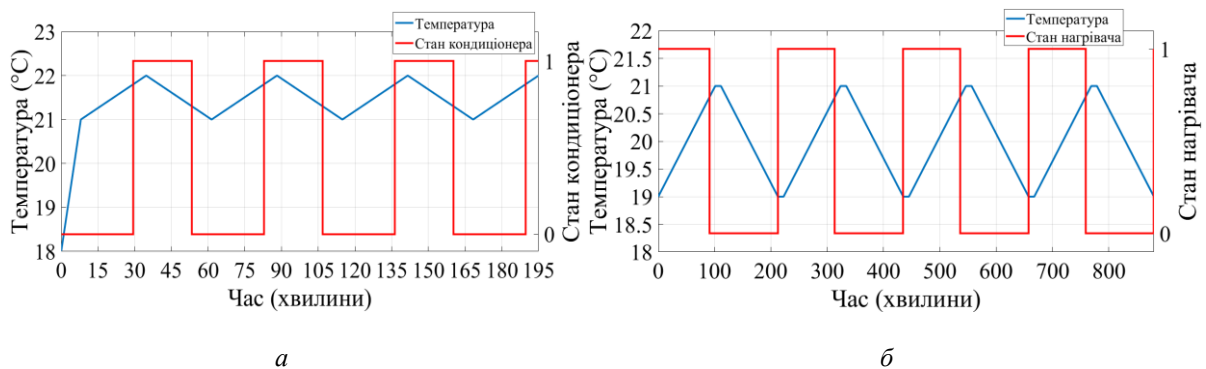


Рис. 7. Графіки моделювання зміни параметрів середовища та роботи виконавчих пристроїв

Для кращого розуміння змін температури і роботи виконавчого пристрою графіки побудовані в Matlab на основі модельованих даних.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У статті докладно розглядається процес створення імітатора об'єкта керування для симуляції автоматизації температурно-вологісних процесів у приміщенні торговельного центру.

Огляд літературних джерел підтверджує актуальність та переваги використання стендів для побудови імітаторів об'єктів керування.

Отримано перелік вхідних-вихідних сигналів для побудови стенда імітатора. Він складається з 12 дискретних та 10 аналогових сигналів. Розроблено перелік програмних сигналів, які допоможуть врахувати характер процесів і покращити якість моделювання.

У роботі виявлено та реалізовано алгоритми моделювання, що дозволяє перевіряти роботу режимів системи керування. Аналіз характеру процесів об'єкта керування дозволив виокремити їх у різні програмні підсистеми для ефективного моделювання. Моделювання, проведене з використанням реальної програми керування, підтверджує адекватність розробленої моделі та її можливість використання для подальшого тестування розроблених алгоритмів систем керування.

Список використаної літератури:

1. *Свєсенко О.М.* Розробка програмно-апаратного комплексу імітатора поведінки об'єкта керування / *О.М. Свєсенко, А.О. Зуєв, Н.О. Євсіна* // Системи управління, навігації та зв'язку : збірник наукових праць. – Полтава : Нац. ун-т «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2022. – Т. 2, № 68. – С. 9–14. DOI: 10.26906/SUNZ.2022.2.009.
2. *Свєсенко О.М.* Побудова SCADA-системи керування мікрокліматом приміщень торговельного центру / *О.М. Свєсенко, П.О. Качанов* // Вісник Хмельницького національного університету. Серія : Технічні науки. – 2022. – № 3. – С. 168–176. DOI: 10.31891/2307-5732-2022-309-3-168-176.
3. Laboratory stand with wireless interface for study of automatic control systems of DC electric drive / *E.M. Kulynych, O.S. Nazarova, D.V. Goncharov, S.G. Chernyshev* // Інформаційні технології і автоматизація : зб. доп. XIII Міжнар. наук.-практ. конф., 22–23 жовт. – Одеса : Одес. нац. акад. харч. технологій ; Ін-т комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова, 2020. – С. 86–88.
4. *Кулинич Е.М.* Лабораторний стенд з бездротовим інтерфейсом для дослідження систем автоматичного керування електроприводами постійного струму / *Е.М. Кулинич, О.С. Назарова, Д.В. Гончаров* // Електротехніка та електроенергетика. – 2020. – № 3. – С. 24–36 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/etee_2020_3_5.
5. *Крисан Ю.О.* Модернізація лабораторного стенда дослідження асинхронного електропривода / *Ю.О. Крисан* // Електротехніка та електроенергетика. – 2014. – № 1. – С. 49–54 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/etee_2014_1_10.
6. *Nachev V.* Laboratory stand for experiments in real time with applications in training on control non-linear systems / *V.Nachev, T.Titova, P.Nikovski* // Proceedings of the 51st International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2016), June 28–30. – Ohrid, Macedonia, 2016. – № 166. – P. 467–470.
7. *Заморський О.* Компактна обертова платформа як універсальний лабораторний стенд / *О.Заморський* // Вісник Київського політехнічного інституту. Серія : Приладобудування. – 2021. – № 61 (1). – С. 5–13. DOI: 10.20535/1970.61(1).2021.237063.
8. *Alimova F.A.* Mathematical modeling of small soil channel laboratory stand drive and evaluation of its energy state / *F.A. Alimova* // II International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable, 13–15 September. – Tashkent, Uzbekistan, 2023. – P. 1–9 [Electronic resource]. – Access mode : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1284/1/012031/pdf>.
9. Design of Laboratory Stand for Displacement Measurement of IPMC Actuators / *K.Koślik, P.Kowol, R.Brociek and other* // Sensors. – 2023. – Vol. 23, Iss. 3. – P. 1–21. DOI: 10.3390/s23031271.
10. *Свєсенко О.М.* Моніторинг кількості відвідувачів у приміщеннях торговельного центру / *О.М. Свєсенко, П.О. Качанов* // Технічна інженерія. – 2023. – № 92. – С. 96–101. DOI: 10.26642/ten-2023-2(92)-96-101.

References:

1. Yevseienko, O.M., Zuiev, A.O. and Yevsina, N.O. (2022), «Rozrobka prohramno-aparatnoho kompleksa imitatora povedinky obiekta keruvannia», *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku*, zbirnyk naukovykh prats, Nats. un-t «Poltavska politekhnika imeni Yurii Kondratiuka», Poltava, Vol. 2, No. 68. pp. 9–14, doi: 10.26906/SUNZ.2022.2.009.
2. Yevseienko, O.M and Kachanov, P.O. (2022), «Pobudova SCADA-systemy keruvannia mikroklimatom prymishchen torhovelnogo tsentru», *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. Serii. *Tekhnichni nauky*, No. 3, pp. 168–176, doi: 10.31891/2307-5732-2022-309-3-168-176.
3. Kulynych, E.M., Nazarova, O.S., Goncharov, D.V. and Chernyshev, S.G. (2020), «Laboratory stand with wireless interface for study of automatic control systems of DC electric drive», *Informatsiini tekhnologii i avtomatyzatsiia*, zb. dop. XIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 22–23 zhovt., Odes. nats. akad. kharch. tekhnologii, In-t kompiuternykh system i tekhnologii «Industriia 4.0» im. P.M. Platonova, Odesa, pp. 86–88.
4. Kulynych, E.M., Nazarova, O.S. and Honcharov, D.V. (2020), «Laboratory stand with wireless interface for study of automatic control systems of DC electric drive», *Elektrotekhnika ta elektroenerhetyka*, No. 3, pp. 24–36, [Online], available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/etee_2020_3_5
5. Krysan, Yu.O. (2014), «Modernizatsiia laboratornoho stenda doslidzhennia asynkronnoho elektropryvoda», *Elektrotekhnika ta elektroenerhetyka*, No. 1, pp. 49–54, [Online], available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/etee_2014_1_10
6. Nachev, V., Titova, T. and Nikovski, P. (2016), «Laboratory stand for experiments in real time with applications in training on control non-linear systems», *Proceedings of the 51st International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST 2016)*, June 28–30, Ohrid, Macedonia, No. 166, pp. 467–470.
7. Zamorskyi, O. (2021), «Kompaktna obertova platforma yak universalnyi laboratornyi stand», *Visnyk Kyivskoho politekhnichnoho instytutu*. Serii. *Pryladobuduvannia*, Vol. 61, Iss. 1, pp. 5–13, doi: 10.20535/1970.61(1).2021.237063.
8. Alimova, F.A. (2023), «Mathematical modeling of small soil channel laboratory stand drive and evaluation of its energy state», *II International Conference on Environmental Technologies and Engineering for Sustainable*, 13–15 September, Tashkent, Uzbekistan, pp. 1–9.
9. Koślik, K., Kowol, P., Brociek, R. et al. (2023), «Design of Laboratory Stand for Displacement Measurement of IPMC Actuators», *Sensors*, Vol. 23, Iss. 3, pp. 1–21, doi: 10.3390/s23031271.

10. Yevseienko, O.M and Kachanov, P.O. (2023), «Monitorynh kilkosti vidviduvachiv u prymishchenniakh torhovelnoho tsentru», *Tekhnichna inzheneriia*, No. 92, pp. 96–101, doi: 10.26642/ten-2023-2(92)-96-101.

Євсєєнко Олег Миколайович – кандидат технічних наук, доцент, доцент Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

<https://orcid.org/0000-0001-5432-1211>.

Наукові інтереси:

– розробка автоматизованих систем керування технологічними процесами.

E-mail: olegyevseienko@gmail.com.

Yevseienko O.M.

Hardware-software simulator for modeling indoor temperature and humidity processes

The article investigates the process of developing a software model of a shopping center building for a simulator stand. The aim of the article is to use a hardware-software complex to model temperature-humidity processes in this building. The study describes the characteristics of the control object, analyzes its structure, and provides a list of functions for building a simulation model of its behavior. A solution is synthesized in the form of both hardware and software parts. The methods used include automatic control theory, analysis and synthesis of objects, interaction models, SCADA system programming, and controllers. As a result, algorithms that model temperature-humidity processes in the building are described, and a list of software and input-output signals of the control object is compiled, which allows modeling its state. The results of the simulation of the developed control system in interaction with the prototype stand are also presented. The conclusions confirm that the developed model aims to reduce costs for the development and testing of the control system and has proven its effectiveness. The use of the created simulator program of the control object showed that the system effectively simulates the behavior of the object, allowing the testing of various control scenarios and determining the object's response to different conditions and input data. This approach accelerates the process of creating the control system and allows testing without real-world impacts on the object, helping to avoid potential risks and complications. The conducted analysis of the developed model indicates its correspondence to the real object when modeling operating conditions and the dynamics of the control object. The results of the study confirm that the model takes into account various influencing factors, which are reflected in the changes in the control system's impact. This makes it a reliable tool for forecasting and optimizing the operation of the object, which is important for further improvement of the control system.

Keywords: simulator stand; SCADA system; automated control system; shopping center; hardware-software complex; control object.

Стаття надійшла до редакції 16.09.2024.