

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора, професора кафедри комп'ютерної інженерії та програмування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» **ЛЕОНОВА Сергія Юрійовича** на дисертацію ОЛІШЕВСЬКОГО Іллі Геннадійовича на тему «Автоматизована технологія комп'ютерно-інтегрованого енергоефективного керування теплонасосними системами», подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Цей відгук складено на підставі детального вивчення дисертаційної роботи, опублікованих здобувачем результатів досліджень у наукових виданнях, а також матеріалів, які підтверджують упровадження результатів роботи.

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Сьогоденний стан промисловості та економіки України знаходиться під впливом руйнівних факторів, що зумовлені військовим станом в нашій країні. Це в повній мірі впливає на виробничі підприємства, інфраструктурні об'єкти та сфери побутового обслуговування населення, які продовжують функціонувати в дуже складних. У таких умовах важливим є режим жорсткої економії ресурсів, особливо паливно-енергетичних. Підвищення енергоефективності теплової роботи підприємств централізованого теплопостачання, зокрема, завдяки цільовому використанню теплової енергії на корисні потреби – одна з найбільш важливих проблем із забезпечення стабільності національної енергосистеми в цілому.

На теперішній час світовою наукою та практикою доведено, що розробка й упровадження технологій автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих засобів керування теплотехнічними об'єктами й процесами, що на них протікають, є дієвим підходом щодо підвищення енергоефективності, забезпечення надійної та стабільної роботи систем постачання, розподілу і відведення тепла, адаптивного налаштування режимів експлуатації теплотехнічного устаткування до специфічних вимог різних

категорій споживачів та інше. В свою чергу, одним із найбільш перспективних, але недостатньо досліджених підходів до підвищення ефективності теплотехнічних об'єктів є застосування теплових насосів, що оснащені засобами автоматизації та комп'ютерно-інтегрованої техніки, під час регулювання параметрів процесів опалення, вентиляції, кондиціонування та гарячого водопостачання.

В Україні системи централізованого теплопостачання в останні десятиріччя не зазнавали суттєвої модернізації та реконструкції, а лише підтримувались в працездатному стані. З урахуванням цього, а також статистичних показників сталої негативної динаміки втрат теплової енергії у вітчизняних теплових мережах, значної актуальності набувають питання, що пов'язані з розробкою, модернізацією, удосконаленням і впровадженням ефективних методів і засобів, що спрямовані на стимулювання кінцевих споживачів до альтернативних схем енерго- і теплозабезпечення. Таким чином, розробка нових і вдосконалення існуючих методів, технологій і моделей підвищення енергоефективності теплової роботи підприємств теплопостачання на основі створення й використання систем автоматизованого керування є актуальною задачею. Зважаючи на сукупність наведених вище аргументів, варто зазначити, що тема дисертаційної роботи Олішевського І.Г. є актуальною та потребує своєчасних ґрунтовних досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в рамках держбюджетної НДР «Дослідження методів підвищення ефективності автоматизованого керування тепловою роботою агрегатів великої потужності промислового та побутового призначення» (№ держреєстрації 0122U002601 від 19.05.2022 р.).

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації. Усі наукові положення, рекомендації та висновки, що сформульовано в дисертації, відповідають вимогам до такого виду досліджень. Достатній рівень обґрунтованості наукових положень, рекомендацій та висновків, які сформульовано в дисертації, їхня достовірність і об'єктивність

забезпечені: детальним критичним аналізом і узагальненням наукових та аналітичних літературних джерел у досліджуваній предметній області; чітким і змістовним формулюванням мети, об'єкту, предмету та задач дисертаційного дослідження; коректністю прийнятих припущень та формалізацією задач; застосуванням сучасних загальноновизнаних і апробованих світовою практикою наукових підходів; збіжністю отриманих результатів математичних розрахунків і комп'ютерного експерименту; значною кількістю апробацій отриманих результатів на науково-практичних конференціях.

Наукова новизна одержаних результатів. Під час ознайомлення зі змістом дисертаційної роботи та основними науковими публікаціями, в яких висвітлено результати роботи, встановлено, що науково-прикладну задачу створення та дослідження автоматизованої технології комп'ютерно-інтегрованого керування тепловими насосами було вирішено та, відповідно, досягнуто основну мету дослідження. Наукова новизна роботи полягає в наступному:

1. Уперше синтезовано апаратно-програмне забезпечення автоматизованої технології комп'ютерно-інтегрованого керування теплонасосними системами за критерієм енергоефективності, яке, на відміну від відомих, одночасно враховує теплові втрати від покрівлі, стін і вікон будівель, фізико-хімічні властивості холодоагенту, динаміку температури повітря навколишнього середовища і ґрунту, що дозволяє підтримувати комфортну температуру в будівлі під час опалення та кондиціонування.

2. Уперше розроблено комплексну модель процесу комп'ютерно-інтегрованого керування системою кондиціонування, яка реалізує адаптивну утилізацію тепла для потреб гарячого водопостачання в залежності від температури теплоносія в тепловому акумуляторі, що дозволило досягти значення коефіцієнта перетворення енергії (відношення тепловіддачі випарника до загальної споживаної потужності системи кондиціонування) на рівні 3,5.

3. Удосконалено методи побудови автоматизованих технологій комп'ютерно-

інтегрованого енергоефективного керування теплонасосними системами промислових теплотехнічних об'єктів, а саме:

3.1. Запропоновано та доведено ефективність комп'ютерно-інтегрованого методу керування технологічними процесами в умовах конденсаційних електростанцій завдяки використанню автоматизованого теплового насоса під час утилізації тепла, що дозволило досягти значень коефіцієнта використання теплоти до 78 % при коефіцієнті корисної дії базового циклу 41 % за умови відсутності впливу процесу генерації теплової енергії на якісні й кількісні показники виробництва електроенергії.

3.2 Запропоновано та доведено ефективність комп'ютерно-інтегрованого методу керування технологічними процесами в умовах гідроелектростанцій завдяки введенню до схеми технологічного процесу утилізації теплоти автоматизованого теплового насоса, що дозволило збільшити коефіцієнт перетворення енергії на 43 % при допустимих навантаженнях на систему опалення та зменшити витрати умовного палива на величину до 30 % на потреби опалення й гарячого водопостачання в порівнянні з теплотехнічними системами на основі котлів.

4. Удосконалено структурно-функціональне забезпечення методу підвищення енергоефективності систем теплопостачання на основі багатоступневих теплонасосних систем завдяки встановленню залежності витрат умовного палива від кінцевої температури теплоносія, що дозволяє досягти до 12 % економії умовного палива та підвищити в 2 рази коефіцієнт перетворення енергії в порівнянні з одноступеневою системою або котлом.

6. Отримало подальшого розвитку інформаційно-програмне забезпечення засобів комп'ютерно-інтегрованого керування теплонасосними системами завдяки комплексному врахуванню дестабілізуючого впливу температури ґрунту й повітря навколишнього середовища, режимів роботи функціональних елементів системи, а також зональної температури й концентрації двоокису вуглецю в будівлі у вигляді вбудованого програмного забезпечення мікроконтролерних пристроїв, що дозволило

реалізувати механізми автоматизованого керування теплонасосними системами під час опалення, кондиціонування та вентиляції у віддаленому режимі на основі людино-машинного інтерфейсу.

Практична цінність одержаних результатів дисертаційного дослідження полягає в застосуванні запропонованих комп'ютерно-інтегрованих методів, апаратно-програмних рішень і комп'ютерних моделей під час проєктування нових або модернізації існуючих засобів автоматизації теплонасосних систем, які є функціональними складовими систем опалення, кондиціонування, вентиляції та гарячого водопостачання побутових, інфраструктурних і промислових об'єктів.

Структура та обсяг роботи. Загальний обсяг роботи – 237 сторінок, з яких основний текст викладено на 179 сторінках машинописного тексту, включаючи 94 рисунки і 15 таблиць. Додатки на 18 сторінках містять список публікацій за темою дисертації, акти впровадження і використання результатів дисертації та програмне забезпечення розробленої автоматизованої технології.

Повнота викладу основних положень дисертації в опублікованих наукових працях. За темою дисертаційного дослідження опубліковано 22 наукові праці, серед яких 1 стаття в періодичному виданні, що включене до наукометричної бази Scopus, 1 патент України на винахід, 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії Б (у т.ч. 3 – одноосібні), 2 патенти України на корисну модель, 13 тез доповідей на Всеукраїнських і Міжнародних конференціях (у тому числі, 1 у наукометричній базі Scopus). Кількість, обсяг та тематична спрямованість друкованих праць відповідають актуальним вимогам МОН України щодо публікацій основного змісту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії. Детальний аналіз наукових публікацій дає підстави вважати, що основні науково-прикладні результати дисертаційної роботи, які опубліковано в періодичних наукових виданнях, охоплюють усі наукові положення, що виносяться на захист.

Упровадження та використання результатів дисертаційного дослідження. Отримані результати дисертаційного дослідження використано та

впроваджено:

1. Матеріали дисертаційної роботи використані у дослідженнях, проведених під час виконання держбюджетної НДР «Дослідження методів підвищення ефективності автоматизованого керування тепловою роботою агрегатів великої потужності промислового та побутового призначення» (№ держреєстрації 0122U002601 від 19.05.2022 р.).

2. Матеріали дисертаційної роботи використані під час дослідження, проектування та модернізації систем автоматизованого керування тепловою роботою агрегатів великої потужності виробництва ТОВ «Новел Проджектс Енд Солюшинс» (акт впровадження від 11.04.2024 р.).

3. Результати дисертації впроваджено до навчального процесу під час викладання лекційного матеріалу та практичних робіт із дисципліни «Адаптивні системи управління» аспірантам спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (акт впровадження від 15.04.2024 р.).

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та відповідності встановленим вимогам. За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Олішевського І.Г. повністю відповідає ОНП спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» НТУ «Дніпровська політехніка» та стандарту вищої освіти зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти. На підставі перевірки дисертаційної роботи на плагіат, можна зробити висновок, що дисертація Олішевського І.Г. є результатом самостійних і оригінальних досліджень та не містить елементів фабрикації, фальсифікації, плагіату та текстових запозичень.

Мова та стиль викладання результатів. Дисертаційна робота написана українською мовою. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 233 найменувань та 3 додатків. Стиль викладення матеріалу є чітким, логічним і лаконічним. Дисертація

написана за логічно побудованим планом та характеризується чіткою структурою.

Аналіз змістовного наповнення дисертації. У вступі зазначено актуальність теми досліджень, сформульовано мету, об'єкт, предмет і основні завдання досліджень, обґрунтовано методи досліджень, викладено наукову новизну й практичну значимість одержаних результатів, зазначено особистий внесок здобувача, представлено загальну характеристику та структуру дисертації, а також наведено відомості щодо публікацій і результатів апробації й упровадження дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячено інформаційному аналізу актуального стану науково-прикладних досліджень та інженерно-технічних рішень у сфері автоматизованого керування теплотехнічними об'єктами та процесами, а також локалізації мети, об'єкту, предмету та основних пріоритетних напрямків і задач з удосконалення й подальшого розвитку відомих автоматизованих технологій комп'ютерно-інтегрованого керування теплонасосними системами.

У другому розділі наведено результати розробки та дослідження щодо обґрунтування параметрів і характеристик структурно-функціонального забезпечення автоматизованої технології комп'ютерно-інтегрованого керування теплонасосними системами з урахуванням критерію енергоефективності.

Третій розділ присвячено розробці та дослідженню інформаційного та програмного забезпечення автоматизованої технології керування теплонасосними системами під час процесів опалення та кондиціонування.

У четвертому розділі дисертації було розв'язано дослідницькі задачі, що присвячені створенню та валідації комп'ютерних моделей апаратно-програмного забезпечення автоматизованої технології комп'ютерно-інтегрованого енергоефективного керування теплонасосними системами, а також критичному аналізу отриманих результатів досліджень із формулюванням рекомендацій з практичного використання розробленої автоматизованої технології та обґрунтуванням перспектив її подальшого розвитку.

У загальних висновках наведено основні кількісні та якісні результати дисертаційного дослідження.

У додатках наведено список публікацій здобувача за темою дисертації, акти впровадження та використання результатів дисертаційного дослідження, а також програмне забезпечення розробленої автоматизованої технології комп'ютерно-інтегрованого енергоефективного керування теплонасосними системами.

Отже, можна дійти висновку, що дисертація Олішевського І.Г. є чітко структурованим і змістовним дослідженням. Такий підхід дозволив здобувачеві в повному обсязі розкрити тему дослідження.

Зауваження, коментарі та дискусійні положення щодо змісту дисертації.
Під час детального ознайомлення з дисертаційною роботою Олішевського І.Г. було визначено наступні зауваження, коментарі та дискусійні положення:

1. На рисунку 1.6 автор наводить узагальнену структуру побудови автоматизованих технологій комп'ютерно-інтегрованого керування теплотехнічними процесами і об'єктами, проте не зазначає, яким чином реалізовано функціональні зв'язки між структурними елементами цієї системи, а також, яким чином реалізовано техніко-функціональні засади керування теплотехнічними об'єктами та процесами.

2. Під час досліджень п. 2.1 «Структурно-функціональне забезпечення методів комп'ютерно-інтегрованого керування процесом утилізації теплової енергії» автор приводить кількісні результати (витрати умовного палива та добова маса нагрітої води) до показника нагрітої води до значення 38 °С, проте це значення температури (38 °С) автором попередньо не обґрунтовано.

3. У п. 4 висновків до другого розділу автор зазначає, що найбільш енергоефективною, з точки зору мінімальної витрати умовного палива, є трьохступенева теплонасосна установка, але з урахуванням незначної переваги цієї установки в порівнянні з двоступеневою системою, зважаючи на капітальні витрати та інтегральну надійність системи, автором вказано, що оптимальною є двоступенева автоматизована архітектура такої установки. Проте автор не деталізує ні у висновках,

ні в тексті відповідного підрозділу (п. 2.4 «Структурно-функціональне забезпечення методу підвищення енергоефективності тепlopостачання на основі багатоступневих теплонасосних систем»), яким чином ним було враховано показники надійності та капітальних витрат.

4. На рисунку 3.1 автор наводить функціональну схему реалізації інформаційної моделі комп'ютерно-інтегрованої підсистеми керування опаленням будівель, на якій вказано наявність зв'язку між блоками сонячного колектору та теплового насосу. Проте ні на рисунку, ні в тексті роботи не наведено інформації щодо того, яким чином ці два функціональні елементи взаємодіють між собою.

5. На рисунках 3.2 і 3.5 (схеми реалізації інформаційних моделей енергоефективного комп'ютерно-інтегрованого керування режимами опалення та кондиціонування будівель, відповідно) зазначено процедури генерування оптимізаційних рішень, але, на жаль, автор не приділяє уваги цьому в роботі. Тобто, автором не обґрунтовано, яким чином виконується оптимізація процесів опалення та кондиціонування завдяки використанню розробленої ним автоматизованої технології.

6. Автором дисертаційної роботи не висвітлено питання економічної ефективності чи економічної доцільності впровадження запропонованих методів і засобів утилізації тепла в існуючі або нові системи, що, на мій погляд, тісно пов'язано з питаннями енергоефективності. Адже попри переваги, які надають запропоновані підходи, можливі певні економічні витрати, які впливають на інтегральну техніко-економічну ефективність і доцільність впровадження розробленої технології.

Вищезазначені зауваження, коментарі та дискусійні положення жодним чином не знижують загальної позитивної оцінки дисертації Олішевського І.Г., а лише можуть слугувати предметом наукової дискусії під час захисту.

Загальний висновок щодо дисертаційної роботи. З урахуванням актуальності, наукової новизни, практичної цінності, публікаційного доробку, ступеня достовірності та обґрунтованості одержаних результатів і висновків вважаю, що дисертаційна робота ОЛІШЕВСЬКОГО Іллі Геннадійовича на тему «Автоматизована технологія комп'ютерно-інтегрованого енергоефективного керування теплонасосними системами» є оригінальним, вагомим, самостійним та завершеним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальну науково-прикладну задачу створення та дослідження автоматизованої технології комп'ютерно-інтегрованого керування тепловими насосами, що дозволило підвищити енергоефективність систем централізованого теплопостачання будівель шляхом розробки та використання інформаційного, програмного й технічного забезпечення засобів автоматизації.

На підставі вищезазначеного можна стверджувати, що дисертація Олішевського І.Г. відповідає вимогам, що передбачені наказом Міністерства освіти та науки від 12.07.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» та постановою Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. № 44 «Про затвердження порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (пп. 5–8).

Вважаю, що здобувач ОЛІШЕВСЬКИЙ Ілля Геннадійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Офіційний опонент

д-р техн. наук, проф., професор кафедри
комп'ютерної інженерії та програмування
НТУ «Харківський політехнічний інститут»

Сергій ЛЕОНОВ