

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

КИСЛЮК ВІКТОР СЕРГІЙОВИЧ

697.34

**ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНО-ПОГОДНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ
ФАКТОРІВ НА РІВЕНЬ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

АВТОРЕФЕРАТ
дипломної роботи на здобуття вищої освіти
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2019

Дипломною роботою магістра є рукопис

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник кандидат технічних наук,
Зінь Мирослав Михайлович, доцент
доцент кафедри «Електричної інженерії»
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Рецензент кандидат фізико-математичних наук,
Габрусєв Григорій Валерійович,
доцент кафедри вищої математики
Тернопільського національного технічного
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться «28» грудня 2019 р. о 10 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 41 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопроіль, вул. Микулинецька 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитися в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою <http://elartu.tntu.edu.ua/>

Секретар
Екзаменаційної комісії № 41

Коцюрко Р.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Раціональне використання енергоресурсів – важливий принцип енергетичної політики кожної держави, тому все частіше в Україні розробляються програми та впроваджуються проекти, спрямовані на енергоощадність.

Задачі вибору варіанту розвитку систем теплопостачання та оцінки впровадження заходів з енергозбереження набувають важливого значення як для економіки в цілому, так і для кожного окремого споживача. Енергетичний ринок трансформується у напрямку використання енергоефективних технологій та розосередженої генерації. Прийняття відповідних рішень щодо раціональності використання теплоенергії є важливим завданням, яке вимагає врахування великої кількості факторів і потребує удосконалення методів оцінювання та контролю рівня ефективності функціонування систем теплопостачання. В цих умовах зростає цінність систематизації існуючих показників ефективності, розробки методичних підходів до обґрунтування критеріїв оцінки ефективності функціонування СТП (від виробника до споживача).

Зважаючи на значний (близько 40%) потенціал енергозбереження, підвищення енергоефективності існуючих об'єктів теплопостачання є важливим питанням. Все більше уваги при цьому приділяється підвищенню якості теплопостачання та регулюванню, дотриманню комфортних умов в будівлях. Це потребує подальшого розвитку методик і моделей для врахування впливу температурно-погодних факторів, в тому числі для оцінювання ефективності систем теплопостачання, починаючи з етапу проектування; для ефективної експлуатації, під час проведення енергетичних обстежень будівель та впровадження комплексних енергозберігаючих проектів. Таким чином, тема магістерської роботи являє актуальний для України напрям наукових розробок.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської роботи є підвищення ефективності управління теплоспоживанням шляхом розвитку методичних аспектів, методів та моделей врахування впливу температурно-погодних факторів під час проектування, експлуатації та модернізації систем теплопостачання; розвиток досліджень впливу експлуатаційних факторів на ефективність складових систем теплопостачання.

Для досягнення зазначеної мети у роботі вирішувались такі завдання:

1. Провести техніко-економічний аналіз сучасного стану і фактично досягнутих показників ефективності функціонування теплопостачальних організацій, виявити найбільш впливові фактори на собівартість теплової енергії та виконати оцінку можливих наслідків для регіону переходів споживачів на автономне теплопостачання.

2. Провести дослідження змін фактичних температур зовнішнього повітря за останні п'ятнадцять років для визначення їх можливого впливу на теплоспоживання та показники ефективності енергозберігаючих проектів.

3. Розвинути методичні аспекти планування обсягів теплоспоживання, аналізу та моніторингу витрат теплової енергії споживачами у процесі

впровадження заходів з енергозбереження з врахуванням рівня теплозабезпеченості споживачів та температурно-погодних факторів.

4. Дослідити нормативну базу з питань теплопостачання і надати пропозиції відносно внесення відповідних змін щодо врахування впливу температурно-погодних умов і підходів до проектування енергетичних об'єктів.

Об'єктом дослідження є системи теплопостачання, що експлуатуються, включаючи джерела, що виробляють тільки теплову енергію та будівлі як споживачі теплоти.

Предметом дослідження є методи визначення та управління ефективністю теплоспоживання.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених в роботі наукових завдань застосовуються техніко-економічний аналіз, математичний аналіз та статистика, обчислювальні методи, фундаментальні положення теорії теплообміну, системний підхід з врахуванням температурно-погодних факторів на різних етапах життєвого циклу СТП.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у поглибленні існуючих, розвитку і обґрунтуванні нових теоретичних і методичних аспектів управління ефективністю теплоспоживання під впливом температурно-погодних та експлуатаційних факторів, зокрема:

- удосконалено процедури техніко-економічного аналізу інтегрованих показників ефективності помірно-централізованих систем теплопостачання з використанням апарату математичної статистики і визначенням ефекту у разі впровадження автономних джерел на рівні регіону. Аналіз базується на врахуванні собівартості теплової енергії та відрізняється тим, що в районі розташування враховується зміна вартості теплової енергії та екологічного стану. Це дозволить приймати економічно та технологічно обґрунтовані рішення щодо подальшого удосконалення систем теплопостачання;

- дістали подальшого розвитку механізми аналізу, оцінювання та енергетичного моніторингу показників ефективності систем теплопостачання з врахуванням рівня теплозабезпеченості споживачів, які впливають на управління теплоспоживанням. Це допомагає запобігати прийняттю невірних управлінських рішень у сфері енергозбереження;

- запропоновано підходи до проведення систематизації показників ефективності систем теплопостачання, а також її структурних елементів, що враховує вхідні, вихідні характеристики та обмеження. Систематизація базується на розподілі на технологічні, економічні та екологічні показники джерел теплоти, теплових мереж та споживачів.

Практичне значення одержаних результатів.

Розроблено рекомендації щодо врахування впливу погодних умов на різних етапах функціонування СТП: проектування, експлуатації, під час розробки пропозицій щодо підвищення ефективності використання теплоенергії споживачами, а також у процесах впровадження і супроводження енергозберігаючих проектів. Сформульовано пропозиції для внесення змін в діючу нормативну базу щодо врахування температурно-погодних умов, наведено перелік необхідних стандартних даних, які доцільно було б впровадити

додатково. Рекомендовано внесення поправок до методики розрахунку градусоднів опалювального періоду, що використовуються під час розробки енергетичного паспорту будівель.

Запропоновано рекомендації щодо виконання техніко-економічних обґрунтувань будівництва автономних джерел тепlopостачання, зокрема щодо потужності основного обладнання з врахуванням режимів теплових навантажень, екологічного стану в районі розташування та зміни вартості теплової енергії від існуючих джерел у разі зміни їх завантаження.

Результати аналізу стану тепlopостачальних організацій представлені для впровадження у програму розвитку галузі комунального господарства.

Апробація результатів дослідження.

Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року, м. Тернопіль).

Структура і обсяг роботи.

Дипломна робота магістра складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи 113 сторінок, 22 таблиці і 26 рисунків; список літератури з 74 найменувань на 7 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

У першому розділі роботи «Літературний огляд» показано, що системи тепlopостачання та інші технічні системи, що безпосередньо взаємодіють з оточуючим середовищем, слід розглядати як складні природно-технічні системи. Це означає, що, перш за все, вибір технічних рішень при управлінні такими системами має ґрунтуватися на використанні відповідної метеорологічної інформації з метою вибору раціональних стратегій їх управління. Модель прогнозування оцінки метеорологічних режимів є першою ланкою в ланцюзі реалізації комплексу прогнозно-оптимізаційних розрахунків, від точності яких безпосередньо залежать результати усіх подальших обчислень, аж до остаточного прийняття технічних рішень щодо подачі тепла споживачам з урахуванням впливу метеорологічних умов.

Кожен опалювальний період має свої характерні особливості щодо погоди. І якщо мати в своєму розпорядженні повні характеристики по них, то, побудувавши відповідні моделі реалізації метеорежимів, які б повною мірою відображали можливі погодні умови, можна знайти більш оптимальні (в даному випадку кліматологічно оптимальні), в порівнянні з існуючими, рішення управління системами тепlopостачання. Існуючі методи метеорологічного

забезпечення розрахунків систем теплопостачання не відображають повної картини реалізації погодних умов та їх вплив на режими теплопостачання.

Виконано огляд методик визначення теплоспоживання та методів дослідження теплового стану будівель. Нормативи теплоспоживання в Україні постійно переглядаються, в роботі проведено їх узагальнення для різних типів будівель всіх областей та виконано порівняння з іншими країнами. Виходячи з сучасного стану проблеми, сформульовано мету та задачі роботи.

У другому розділі «Основна частина» проведено дослідження, присвячені виявленню найбільш впливових факторів на один з узагальнюючих показників - собівартість теплової енергії. Аналізування статистичних даних дозволило отримати показники ефективності роботи існуючих джерел теплоти за п'ять років та динаміки зміни структури собівартості. Проведено аналіз впливу прямих та непрямих факторів на собівартість теплоенергії. Виявлено, що залежність собівартості від відпущеної теплоти навіть на фоні інших факторів має явно виражений характер. Взаємозв'язок між деякими факторами впливу є чітким та закономірним, а для деяких має бути, але з різних причин відсутній. Зокрема, виконано аналіз впливу зношеності тепломереж, побудовані відповідні залежності та виявлено, що чіткого впливу стану трубопроводів на питомі витрати палива не спостерігається. Як фактори впливу стану обладнання на питомі витрати палива приймалися коефіцієнт корисної дії та термін експлуатації котлів. Було визначено, що прямої залежності не спостерігається; подібні результати отримані у абсолютних і у відносних одиницях. Зважаючи, що дослідження проводилися за даними пасивного експерименту (дані статистичних звітів теплопостачальних організацій Київської області), завдання визначення найбільш впливових факторів на собівартість теплоти вирішувалося за допомогою множинного регресійного аналізу. Процес побудови моделі: постановка задачі, попередній вибір передбачуваних прямих та непрямих факторів; визначення кореляційних зв'язків між змінними; перевірка значущості моделі та вибір найкращої.

Враховуючи проведений аналіз нормативної бази теплопостачання та фактичних температур зовнішнього повітря, сформульовано рекомендації по урахуванню температурно-погодних умов у процесі проектування енергетичних об'єктів, проведення енергетичного аудиту і впровадження енергозберігаючих проектів. Зокрема, побудовані інтегральні графіки теплового навантаження на основі фактичних зовнішніх температур показали доцільність внесення рекомендації під час виконання техніко-економічних обґрунтувань застосовувати розрахункові температури $t_{c.o}$ (середня за опалювальний період) та $t_{x.m}$ (середня найбільш холодного місяця) у процесі вибору варіантів та потужності основного та пікових джерел. Під час оцінювання доцільності впровадження автономних джерел теплоти також рекомендовано приймати до уваги технологічні, економічні та екологічні показники на рівні регіону з урахуванням собівартості виробництва теплової енергії. нагрівшись, вона подається споживачу 10. За необхідності вода може бути догріта в проміжному баці 2 від електроенергії або від енергії теплогенеруючої установки.

У третьому розділі «Спеціальна частина» наведена методика розрахунку та подано лістинг програми для обчислення основних втрат тепла через огорожуючі конструкції

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведено розрахунок ефективності відпущеної теплової енергії від автономної котельні. А також розрахунок ефективності тепlopостачання за умови будівництва автономних джерел теплової енергії і зміни завантаження централізованих джерел. Розрахунок проводимо за методикою оцінки ефективності впровадження енергозберігаючих проектів в адміністративних і громадських будівлях, яка наведена в основній частині роботи.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» описано основні вимоги безпеки при будівництві та експлуатації систем опалення. Запропоновані заходи з зменшення факторів ризику при експлуатації підприємств житлово - комунальної сфери в умовах надзвичайних ситуацій та заходи з пожежної безпеки.

У шостому розділі «Екологія» наведена характеристика шкідливих речовин у продуктах згорання палива при роботі систем тепlopостачання і наведено їх вплив на навколишнє середовище, а також запропоновано заходи, щодо забезпечення екологічної безпеки систем тепlopостачання.

ВИСНОВКИ

1. Проведено систематизацію показників ефективності систем тепlopостачання, в результаті чого встановлено, що температурно-погодні умови впливають на ефективність усіх складових (джерела теплоти, теплових мереж, споживачів) і є важливим фактором під час прийняття рішень відносно подальшого удосконалення існуючих систем тепlopостачання.

2. Аналіз методів дослідження теплових навантажень будівель показав доцільність подальшого розвитку моделей для врахування впливу температурно-погодних та експлуатаційних факторів на ефективність теплоспоживання та теплові баланси приміщень.

3. Проведено дослідження фактичних значень температури зовнішнього повітря протягом ОП та інших природних факторів (сонячної інсоляції, швидкості вітру). Аналізу змін добових, середньомісячних температур дозволив визначити амплітуду коливань та відхилення відносно стандартних значень, отримати температурний період в днях і годинах та вірогідність середньодобової температури. Також показано доцільність введення рекомендації щодо використання розрахункових температур, середньої температури ОП та температури холодного місяця у процесі вибору варіантів.

4. Для міст України у процесі розробки нормативних документів з кліматології необхідне уточнення температурних умов та додатково навести інші стандартні дані на основі багаторічних досліджень клімату, перелік яких сформульовано в роботі. Зокрема, доцільним є наведення кількості годин постійних температур за ОП з кроком 1°C та 5°C, зменшення інтервалу дозволить

5. покращити точність розрахунків на 9%. Для можливості порівняльних оцінок ефективності функціонування систем теплопостачання рекомендовано щорічну публікацію офіційних даних щодо фактичних значень зовнішніх температур та ГД ОП міст України зі зазначенням методики їх розрахунку.

6. Рекомендовано внести поправки до методики розрахунку енергетичних характеристик у процесі складання енергетичного паспорту будівель під час проектування та реконструкції, а саме: враховувати кількість ГД певного міста, а не температурної зони, адже неврахування погодних умов може призвести до зміни класу енергетичної ефективності і необхідності змін інженерних рішень.

7. Запропоновано методику оцінки ефективності впровадження комплексних довгострокових енергозберігаючих проектів в громадських будівлях, що враховує вплив погодних умов.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи

Кислюк В.С. Вплив температурно-погодних та експлуатаційних факторів на рівень ефективності теплопостачання. // М.М. Зінь, В.С. Кислюк // Збірник тез доповідей. Матеріали VIII міжнародної науково - технічної конференції «Актуальні задачі сучасних технологій» (м. Тернопіль, 27 - 28 листопада 2019р.) / М-во освіти і науки України, Тернопільський нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя – Т.: ТНТУ, 2019. – Т.3. С. 39.

АНОТАЦІЯ

Кислюк В.С. Вплив температурно-погодних та експлуатаційних факторів на рівень ефективності теплопостачання. – **Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2019.

Дипломна робота присвячена підвищенню ефективності управління теплоспоживанням шляхом розвитку методичних аспектів, методів та моделей з врахуванням впливу температурно-погодних факторів під час проектування, експлуатації та модернізації систем теплопостачання.

Ключові слова: система теплопостачання, температурно-погодні умови, тепловий стан будівлі, енергозберігаючі проекти, ефективність теплоспоживання.

ANNOTATION

Kysliuk Viktor. Temperature-weather and operating factors influence on the level of heating supply efficiency – **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2019.

The diploma thesis is dedicated to improving the efficiency of heat management through the development of methodological aspects, methods and models, taking into account the influence of temperature and weather factors during the design, operation and modernization of heat supply systems.

Keywords: heating system, temperature and weather conditions, the thermal state of the building, projects on energy saving, efficiency of the heat utilization.