

УДК 636.082

**Іван Радько\***, канд. техн. наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-4235-3969>  
**Олександр Окушко**, канд. техн. наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-1894-5294>  
**Віталій Наливайко**, канд. техн. наук, доцент, <https://orcid.org/0000-0002-6297-9045>  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв  
Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна  
\*Автор-кореспондент: [ivan\\_radko@ukr.net](mailto:ivan_radko@ukr.net)

## ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ

**Анотація.** У статті розглянуто наукові результати експериментальних досліджень енергоефективності міського житлово-комунального енергопостачання. Метою дослідження є зниження витрат на енергоносії у сфері житлово-комунального господарства на прикладі житлових, навчальних та виробничих будівель університетів. На основі аналізу стану енергозбереження у сфері житлово-комунального господарства визначено низку основних факторів, що впливають на зниження її енергоефективності. Серед найважливіших факторів, що потребують дослідження, є недостатня увага до технічного забезпечення системи енергоспоживання, а саме: застаріле електрообладнання, низька кваліфікація обслуговуючого персоналу та неефективна система популяризації енергозбереження. За результатами проведених досліджень встановлено, що ступінь зниження теплоспоживання у системах опалення залежить від тепловтрат через недосконалість факторів, які впливають на зниження енергоефективності, а саме огорожувальні конструкції, що визначаються теплофізичними властивостями, типом і характеристиками лічильників теплової енергії, а також через систему управління, за допомогою якої підтримуються оптимальні значення температури в приміщеннях будівель протягом робочого дня і їх мінімальні допустимі значення у вечірні години, вночі та у вихідні дні. Результати отриманих досліджень дозволили стверджувати, що для підвищення енергоефективності системи опалення будівель необхідно передбачити систему обліку та регулювання витратами теплоносія будівель та забезпечувати регулювання температури залежно від температури навколишнього середовища, а також обмежувати споживання тепла вночі та у вихідні (свята). Встановлення засобів обліку та регулювання споживання теплової енергії, а також створення центральної інформаційно-вимірювальної системи з подальшим розміщенням дають можливість проводити оперативний моніторинг теплових потоків, що сприятиме зменшенню обсягів споживання теплової енергії на 35% в середньому.

**Ключові слова:** енергоспоживання, енергозбереження, енергоефективність, будівля, система, облік, теплоносії, втрати.

### 1. Вступ

У сучасному світі наявність і доступність енергетичних ресурсів, їх безперебійне постачання та ефективне використання визначають стабільність і темпи розвитку країни. Україна не є винятком такого руху до прогресу, але в ситуації, що склалася в країні, незважаючи на достатні запаси енергетичних ресурсів для ефективного функціонування промисловості, їх постачання стає все більш проблематичним, а поточне нераціональне використання може вплинути на майбутнє відновлення промисловості, його швидкість і якість [1]–[3].

Зараз українська промисловість і побутовий сектор є надзвичайно енергоємними, значною мірою залежними від викопного палива, насамперед нафти та газу, що надходять із-за кордону. Це, у свою чергу, впливає на рівень цін на енергоносії та фінансове становище різних галузей економіки. Наприклад, у житловому секторі зростання цін на енергоносії призводить до зростання витрат споживачів на рахунки за електроенергію та тепло – доводиться платити все більше за ті ж самі надані послуги, що, у свою чергу, призводить до ще більшого зубожіння [4]–[6].

За даними Міжнародного енергетичного агентства (International Energy Agency, IEA), у період 2010–2019 рр. Україна витратила 0,27 кг нафтового еквіваленту енергоносіїв на створення \$1 ВВП [3], що майже у 2,0–2,5 рази перевищує показники розвинених країн світу. Так, наприклад, найбільше витрачають на енергоносії хіміко-металургійні підприємства та житлово-комунальне господарство – близько 30%, виробники будівельних матеріалів – 15%, деревини, паперу та поліграфії, машин, обладнання та транспортних засобів, а також продуктів харчування – до 10%. Продукції саме цих виробництв у воєнний та повоєнний час потребуватиме Україна в умовах енергетичної кризи, тому ці підприємства потребують запровадження негайних енергоефективних технологій найбільше [4], [6].

Водночас розвинуті країни, зокрема Великобританія, ЄС, США та Японія, залишаються провідними центрами впровадження енергозберігаючих технологій. Наприклад, деякі країни ЄС вже розробили національні стратегії енергозбереження та енергоефективного використання палива та енергетичних ресурсів головним чином шляхом технологічної модернізації та реструктуризації всієї економіки (стимули, кредити та податкові пільги для впровадження енергозберігаючих технологій: встановлення сонячних батарей та теплових насосів, використання вітрової енергії та відходів агропромислового комплексу, пелет тощо). Важливість впровадження таких технологій підтверджується статусом державної політики та державних органів у всіх розвинених країнах, насамперед таких як Великобританія, Канада, Німеччина, Франція, Японія тощо [2], [10]–[11].

Наприклад, Німеччина як один зі світових лідерів із впровадження енергозберігаючих технологій мобілізує фінансові інвестиції для відновлення національного фонду нерухомості, а Франція розробила та впровадила найбільші у світі інноваційні програми модернізації будівель. У свою чергу, Японія делегувала завдання визначення та реалізації основних принципів політики енергозбереження Міністерству економіки, торгівлі та промисловості, яке стало головним органом контролю за енергозбереженням та енергоефективністю [12]–[14].

Водночас у світлі імплементації Угоди про асоціацію з ЄС та у зв'язку зі зростанням потреб в енергетичній безпеці Україна визначила одним із пріоритетних питань розвитку країни напрямом, пов'язаний з енергозбереженням [15]–[17].

Метою дослідження було зниження витрат енергоносіїв на опалення в промисловості та у побутовій (соціальной) сфері на прикладі житлових, навчальних та виробничих будівель закладів вищої освіти.

Для вирішення завдань поставленої мети визначено напрямом, пов'язаний із проблемами енергозбереження та енергоефективністю технологічного обладнання у житлово-побутових приміщеннях. Серед цих заходів було визначено: взаємозв'язок між впливом різних факторів на рівень енергоспоживання та можливістю зниження їх втрат; розробку рекомендацій щодо термомодернізації будівель та їх оснащення індивідуальними модульними тепловими пунктами.

## **2. Методи та матеріали**

Сьогодні енергоефективність є одним із найважливіших напрямів економічної діяльності Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України) [18]–[20]. При проведенні експериментальних досліджень щодо економії витрат енергоносіїв системи енергоспоживання будівель (навчальних корпусів № 1, 3, 4, 10, 12 та гуртожитків 11, 12) НУБіП України, було розроблено проєктні рішення на улаштування системи автоматичного регулювання теплоспоживання університету. Цими рішеннями передбачалося встановлення приладів регулювання теплової енергії в теплових пунктах навчальних корпусів та гуртожитків.

Вихідні дані для обрахунку показників енергетичної ефективності будівель університету, вимоги до процедури збору та обробки інформації про фактичні або проєктні характеристики огорожувальних конструкцій та інженерних систем були визначені відповідно до вимог Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» та стали результатом енергетичного аудиту Центру енергоменеджменту університету, що містив рекомендації, виконання яких дозволить досягти економії енергоресурсів [21]–[23]. Зазвичай такі рекомендації ґрунтуються на використанні енергозберігаючих технологій і методик.

Для обрахунку енергетичної ефективності будівель була використана «Методика визначення енергетичної ефективності будівель» (далі – Методика) [24]. Вона дає змогу встановлювати механізм визначення енергетичної ефективності будівель, у тому числі: перелік показників енергетичної ефективності будівель; метод визначення енергетичної ефективності будівель; особливості визначення енергетичної ефективності будівель, приміщення яких мають різне функціональне призначення, визначення класу енергетичної ефективності досліджуваних будівель [25]–[27]. Згідно з Методикою до основних показників, що визначають енергетичну ефективність будівель, можна віднести наступні: питому енергопотребу на опалення, охолодження, постачання гарячої води; питоме енергоспоживання при опаленні, охолодженні, постачанні гарячої води, вентиляції, освітленні тощо. Всі ці показники визначаються розрахунковим методом. Вибір технічних засобів, що входять до складу системи контролю енергоспоживанням, здійснювався на основі комплексного аналізу, а саме технічних характеристик різних систем контролю та регулювання, фірм-виробників, продукція яких є на ринку України, та з урахуванням їх адаптації до характеристики існуючої теплової схеми досліджуваної контрольної будівлі. Ця система повинна задовольняти потреби досліджуваних будівель, а саме регулювання повинно задовольняти схему системи опалення – однотрубна або схема приготування теплоносія системи опалення при централізованому тепlopостачанні – залежна елеваторна.

### 3. Результати

Проектування теплового пункту здійснювалось шляхом розрахунку витрат теплоносія в системі теплоспоживання навчального корпусу згідно з Методикою [24], [28]. Потім були визначені розрахункові мінімальні витрати мережної води за опалювальний період та максимальні масові об'ємні витрати мережної води, а також кількісне регулювання на джерелі тепlopостачання.

Тому визначення розрахункових максимальних витрат мережної води на опалення передбачало розрахунок масових або об'ємних витрат. Масові витрати розраховувалися згідно з Методикою за наступною формулою:

$$G_o = \frac{3,6 \cdot Q_o}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/год,} \quad (1)$$

де  $Q_o$ , – максимальне (розрахункове) теплове навантаження на опалення, Вт;  $\tau_1$ , – температура теплоносія в подавальному трубопроводі при розрахунковій температурі навколишнього середовища, °С ( $\tau_1 = 130^\circ\text{C}$  для  $t_{p.зov} = -22^\circ\text{C}$ );  $\tau_2$  – температура теплоносія в зворотному трубопроводі при розрахунковій температурі навколишнього середовища, °С ( $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$  для  $t_{p.зov} = -22^\circ\text{C}$ );  $c$  – теплоємність води, кДж/(кг·К) ( $c = 4,187$  кДж/(кг·К)).

Відповідно, об'ємні витрати розраховувалися за наступним виразом:

$$V_o = \frac{3,6 \cdot Q_o}{c \cdot \rho \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \text{ м}^3/\text{год,} \quad (2)$$

де  $\rho$  – густина теплоносія при розрахункових параметрах теплоносія в подавальному трубопроводі, кг/м<sup>3</sup>.

Розрахункові мінімальні витрати мережної води за опалювальний період включали в себе також розрахунок масових та об'ємних витрат. Масові витрати визначалися для температури зовнішнього повітря  $t_{зov} \geq 8^\circ\text{C}$  та кількісного регулювання на джерелі тепlopостачання за наступною формулою:

$$G_{o\min} = \frac{t_{вн} - 8}{t_{вн} - t_o} \cdot \frac{3,6 \cdot Q_o}{c \cdot (\tau'_1 - \tau'_2)}, \text{ кг/год,} \quad (3)$$

де  $t_{вн}$ , – температура повітря всередині опалювальних приміщень, °C ( $t_{вн} = 18^{\circ}\text{C}$ );  $\tau'_1$  – температура води у подавальному трубопроводі теплової мережі в точці зламу графіка температур води, °C ( $\tau'_1 = 70^{\circ}\text{C}$ );  $\tau'_2$  – температура води у зворотному трубопроводі теплової мережі в точці зламу графіка температур води після системи опалення будівлі, °C ( $\tau'_2 = 42,5^{\circ}\text{C}$ ).

А об'ємні, відповідно, за формулою:

$$G_{o\min} = \frac{t_{вн} - 8}{t_{вн} - t_o} \cdot \frac{3,6 \cdot Q_o}{c \cdot \rho \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4)$$

Подальші розрахунки стосувалися вибору регулюючого клапана. При цьому було визначено максимальну розрахункову пропускну здатність регулюючого клапана за формулою:

$$K_V = \frac{V_o}{\sqrt{\frac{\Delta P_{V100}}{100}}}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (5)$$

де  $V_o$  – максимальні розрахункові витрати мережної води через клапан регулятора перепаду тиску,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $\Delta P_{V100}$  – перепад тиску при повністю відкритому клапані, кПа ( $\Delta P_{V100} = 30$  кПа).

Враховуючи розрахунки, було обрано регулятор перепаду тиску типу КИАРМ 68022 –050 НО, для якого було проведено перевірку на втрати тиску за формулою:

$$\Delta P = 10 \cdot \left( \frac{V_o}{K_{VS}} \right)^2. \quad (6)$$

Проведена перевірка дала змогу встановити, що обраний регулятор не порушить роботу при експлуатації його у вузлі змішування системи опалення.

Вивчення розробленого комплексу приладів обліку та регулювання енергоспоживання проведене у лабораторних умовах з виконанням наступних операцій: вимірювання опору ізоляції приладів і пристроїв автоматики, а також електричних кіл; тестування приладового комплексу в штатному режимі з моделюванням зміни температури прямої, зворотної води та зовнішнього повітря та налагодженням часових програм і прикладної програми «День / Ніч» за допомогою комп'ютеризованого приладового комплексу з контролером ТРМ-32 [29]–[30].

В лабораторних умовах був випробуваний дослідний зразок вузла регулювання витрат теплоносія приладового комплексу на базі теплотічильника SA-94 і контролера ТРМ-32, що конструктивно об'єднаний з ПК спочатку через функціональне тестування безпосередньо на контролері, а потім за допомогою спеціального програмного забезпечення OPM OWEN [9] (рис. 1).



**Рис. 1.** Фрагмент прямого та зворотного трубопроводів теплового пункту з витратомірною ділянкою тепловоділічильника СВТУ-10М і клапаном вузла регулювання витрат теплоносія (макет)

Основні технічні характеристики контролера ТРМ-32 наведено в табл. 1.

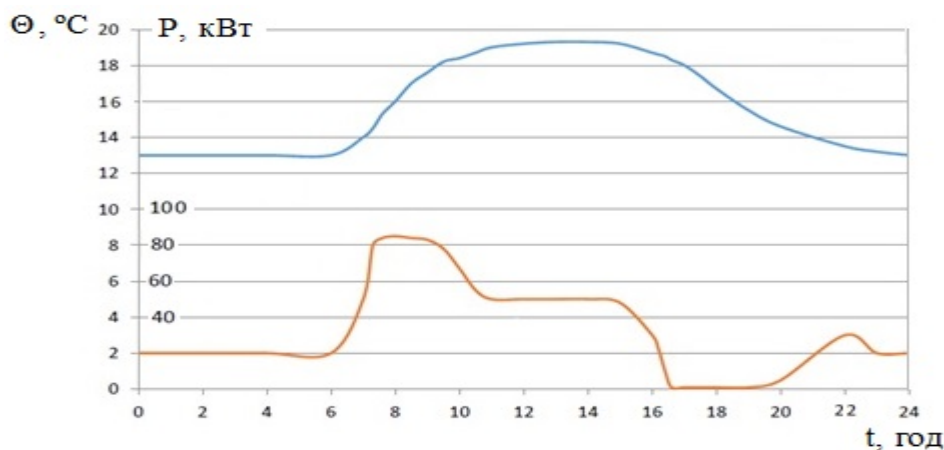
**Таблиця 1.** Технічні характеристики контролера ТРМ-32

Показник	Значення
Напруга живлення, В	220
Допустиме відхилення напруги, %	-15...+10
Частота, Гц	50
Гранично допустима основна приведена похибка контролю температури, %	±0,5
Тип вхідних датчиків контролю температури	ТСМ50/100М
Кількість вхідних каналів температури	4
Тривалість циклу опитування датчиків, с не більше	7
Навантажувальна здатність вихідного реле	1А, 220В
Інтерфейс зв'язку з ПЕОМ через адаптер мережі АС-2	RS-232
Ступінь захисту від впливу навколишнього середовища	IP20

Шляхом моделювання зміни температури зворотної води і зовнішнього повітря була проведена безпосередня перевірка роботи регулятора і виявлена наявність імпульсів на вхідних клеммах електроприводу NR24-SR3 самого регульовального клапана BELIMO.

При цьому розроблена прикладна програма «День / Ніч», яка забезпечує реалізацію режиму обмеження споживання тепла в нічні години доби, апаратно відтворює дії програми на окремому модулі з виходом на герконове реле, контакти якого контролюються відгуками клем контролера ТРМ, що з'єднані з комп'ютеризованою панеллю приладів.

На основі розробленого алгоритму керування тепловим потоком у приміщенні були проведені експериментальні дослідження, що включали моделювання тепловтрат навчального корпусу з урахуванням теплотехнічних властивостей огорожувальних будівельних конструкцій. Отримані дані дозволили отримати навчальний корпус, наближений до оптимальних режимів тепlopостачання (рис. 2) [31]–[32].



**Рис. 2.** Залежність температури та потужності теплого пункту навчального корпусу № 8 від часу доби

Окрім перевірки роботи виконавчого модуля програми «День / Ніч» також було перевірено роботу контролера ТРМ-32 разом з таймером УТ-1 RiS у відповідному режимі «День / Ніч».

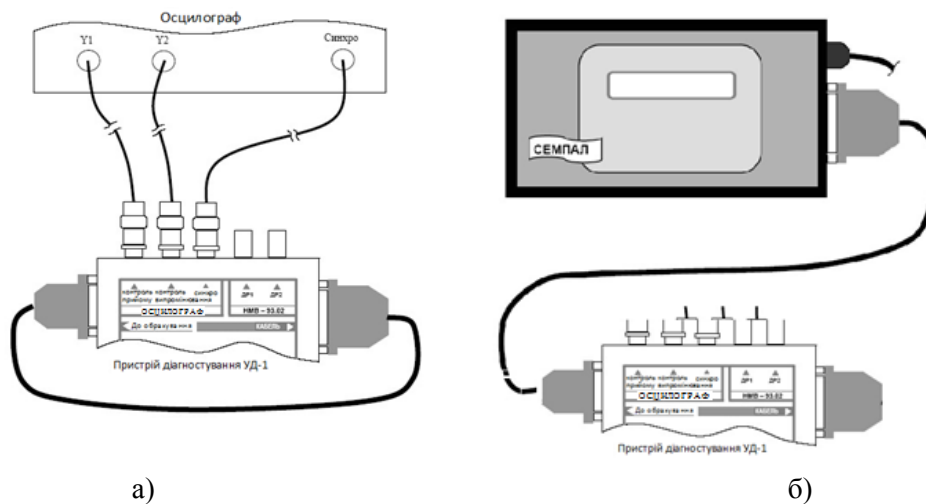
#### 4. Обговорення

Проблема втрат теплоносіїв у підключеному навантаженні для житлово-комунальної сфери, особливо малоповерхових старих будівель (1–4 поверхи), якими в більшості є гуртожитки та навчальні корпуси, є достатньо важливою. Температурний режим опалювального приміщення в основному залежить від зовнішньої температури, сонячної радіації, перебування у приміщенні різної кількості людей і теплоакumuлюючої здатності конструкцій будівлі. При такій великій кількості

змінних параметрів неможливо уникнути значних коливань температури повітря в опалювальному приміщенні лише шляхом якісного регулювання опалювального навантаження відповідно до змін зовнішньої температури. Це призводить до того, що фактичне споживання тепла у багатьох випадках буде перевищувати 15–20%.

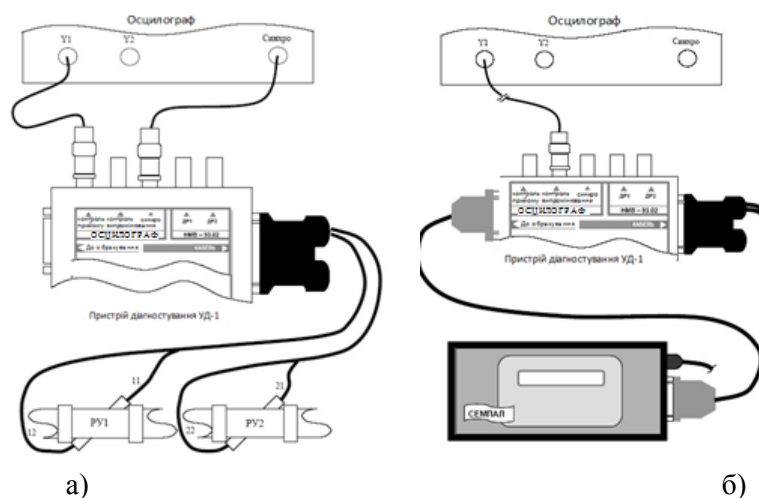
Для підвищення якості теплопостачання, а також для зменшення втрат теплової енергії було застосовано позиційне регулювання, що дало змогу керувати процесом споживання теплової енергії у будівлях залежно від погоди. Слід зазначити, що проведені в лабораторних умовах тестування на несправності та перевірка працездатності монтажного вузла МДМ/РЕГ лічильника тепла та води СВТУ-10М та спеціальне програмне забезпечення Sempal DM у режимі регулювання витрат теплоносія за допомогою кульового крана BELIMO з електроприводом NRY24-S3 дали фактичне зменшення втрат до 20%.

Водночас за допомогою пристрою діагностування УД-01 [32] була перевірена робота тепловодолічильника СВТУ-10М з метою: визначення несправного елемента в колі «обчислювач – з'єднувальні кабелі – ультразвукові датчики витрат»; контролю працездатності обчислювача тепловодолічильника та контролю справності каналів вимірювання температури і тиску тепловодолічильника (рис. 3, 4) [20], [30].



**Рис. 3.** Схеми тестування продуктивності:

а) діагностичні прилади УД-01; б) теплолічильник-обчислювач СВТУ-10М



**Рис. 4.** Схеми підключення:

а) для перевірки працездатності датчиків витрати теплоносія; б) для визначення величини імпульсів, що надходять на датчики витрати

Таким чином, для підвищення економічної ефективності внутрішніх систем тепlopостачання, надійності та спрощення схеми їх регулювання пропонується використовувати при налаштуванні системи тепlopостачання з позиційним регулюванням.

## 5. Висновки

1. Ступінь зниження споживання тепла в системах опалення залежить від тепловтрат через огорожувальні поверхні, які визначаються їх теплофізичними властивостями, типом і характеристиками лічильників теплової енергії, а також підтримувальними контрольними оптимальними значеннями температури.

2. Система розрахунків та регулювання витрати теплоносія на водопостачання будівель призначена для забезпечення регулювання витрати теплоносія в залежності від температури навколишнього середовища та обмеження споживання тепла в нічні години та вихідний (святкові) дні.

3. Встановлення засобів обліку та регулювання споживання теплової енергії, а також створення центральної інформаційно-вимірювальної системи з подальшою диспетчеризацією дозволить оперативний моніторинг теплових потоків, що сприятиме зниженню споживання теплової енергії в середньому на 30–35%.

## Посилання

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. 2017. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245239564&cat\\_id=245239555](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245239564&cat_id=245239555) (дата звернення: 12.02.2023).
2. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, «НЕК «Укренерго», Науково-технічний центр електроенергетики. URL: [https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist\\_energ\\_resursiv.pdf](https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist_energ_resursiv.pdf)
3. Майсснер Ф., Науменко Д., Радеке Й. Підвищення енергоефективності в Україні: зменшення регулювання та стимулювання енергозбереження. Берлін-Київ: Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, Німецька консультативна група, 2012. 25 с. URL: [http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy\\_papers/German\\_advisory\\_group/2012/PP\\_01\\_2012\\_ukr.pdf](http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/German_advisory_group/2012/PP_01_2012_ukr.pdf)
4. Железний А. Огляд державного механізму стимулювання енергозбереження в муніципальних та житлово-комунальних будівлях Чехії. Київ: Національний екологічний центр України, 2012.
5. Javied T., Rackow T., Franke J. Implementing Energy Management System to Increase Energy Efficiency in Manufacturing Companies. *Procedia CIRP*. 2015. Vol. 26. P. 156–161. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.057>
6. Єрмілов С.Ф. Державна політика енергоефективності в європейському та українському контексті. *Екологіческие системы*. 2007. № 8. С. 27–42
7. Maya G., Barletta I., Stahl B., Taisch M. Energy management in production: A novel method to develop key performance indicators for improving energy efficiency. *Applied Energy*. 2015. Vol. 149. P. 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.065>
8. Закон України Про енергозбереження. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 1994. № 30. ст. 283. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 12.02.2023).
9. Rocha P., Siddiquia A., Stadlercd M. Improving energy efficiency via smart building energy management systems: A comparison with policy measures. *Energy and Buildings*. 2015. Vol. 88. P. 203–213. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.077>
10. Wen X., Cao H., Hon B., Chen E., Li H. Energy value mapping: A novel lean method to integrate energy efficiency into production management. *Energy*. 2021. Vol. 217. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119353>
11. Cooremans C., Schönenberger A. Energy management: A key driver of energy-efficiency investment? *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 230. P. 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.333>
12. Johansson M. T., Thollander P. A review of barriers to and driving forces for improved energy efficiency in Swedish industry – Recommendations for successful in-house energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82. P. 618–628. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.052>
13. Schulze M., Heidenreich S. Linking energy-related strategic flexibility and energy efficiency – The mediating role of management control systems choice. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 140. P. 1504–1513. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.231>



14. Blumberga D., Vigantsa H., Cilinskisa E., Vitolinsa V., Borisova I., Khabdullin A., Khabdullinc A., Khabdullinac Z., Khabdullinac G., Veidenbergsa I. Energy Efficiency and Energy Management Nexus. *Energy Procedia*. 2016. Vol. 95. P. 71—75. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.023>
15. Dorahakia S., Dashtia R., Shakerb H. R. Optimal energy management in the smart microgrid considering the electrical energy storage system and the demand-side energy efficiency program. *Journal of Energy Storage*. 2020. Vol. 28. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101229>
16. Tronchina L., Manfrenb M., Nastasic B. Energy efficiency, demand side management and energy storage technologies – A critical analysis of possible paths of integration in the built environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 95. P. 341—353. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.060>
17. Плячков І.В., Кулик М.М., Гінайло В.О., Трофименко Ю.І. Підвищення ефективності систем централізованого теплопостачання з комбінованим виробництвом тепла та електроенергії. *Енергетика і електрифікація*. 1999. № 4. С. 1—8.
18. Маляренко В.А. Проблеми енергопостачання і енергозбереження в ЖКГ. *Енергосбереження, енергетика, енергоаудит*. 2006. № 1. С. 10—20.
19. Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В. Підвищення енергоефективності систем теплопостачання в навчальних закладах. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2019. Вип. 9. Том 1. URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/176/168> (дата звернення: 12.02.2023).
20. ISO 50006:2016 (ISO 50006:2014, IDT). Energy management systems. Measuring the level of achieved. Achievable energy efficiency using basic levels of energy consumption and energy efficiency indicators. General provisions and guidelines.
21. ISO 50015:2016 (ISO 50015:2014, IDT). Energy management systems. Measurement and verification of the level of achieved/achievable energy efficiency of organizations. General principles and guidance.
22. Про енергетичну ефективність: Закон України від 17.12.2020 р. № 4507. URL: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=70687](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70687) (дата звернення: 12.02.2023).
23. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: наказ Міністерства розвитку громад та територій від 27.10.2020 р. № 261.
24. Качан Ю.Г., Братковська К.О. Оцінка доцільності застосування прогресивних норм питомого енергоспоживання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2008. № 1. С. 93—96.
25. Дерев'яно Д.Г., Зайченко С.В., Беспала Н.Г. Методи оцінювання доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності будівель комунальної сфери. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 1. С. 38—45.
26. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проектування систем водяного опалення. Київ, 2010. 200 с.
27. Іноземцев Г.Б., Козирський В.В., Окушко О.В. Методи енергозбереження в системах електропостачання. Навч. посібник. К.: ЦП «Компринт», 2016. 160 с.
28. Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В., Міщенко А.В., Антипов Є.О. Підвищення заходів з енергоефективності та енергозбереження у вищих навчальних закладах. *Науковий вісник НУБіП України*. 2018. № 283. С. 275—280.
29. Жильцов А.В., Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П., Міщенко А.В., Антипов Є.О., Окушко О.В. Автоматизовані модульні теплові пункти для систем теплопостачання ВНЗ. Монографія. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2021. 365 с.
30. Nalyvaiko V.A., Radko I.P., Zhylytsov A.V., Okushko O.V., Mishchenko A.V., Antypov Ye.O. Investigation of Termomodernized Building's Microclimate with Renewable Energy. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 154. 10 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015407011>
31. Nalyvaiko V., Radko I., Okushko O., Bereziuk A., Antypov I., Mrachkovska N. Research of roof solar power plant in hot water supply installations. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2023. 99(4), P. 98—101.

## IMPLEMENTATION OF POSITION ADJUSTMENT MEANS QUANTITIES OF HEAT CONSUMPTION

**Ivan Radko\***, PhD (Engin.), Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-4235-3969>

**Oleksandr Okushko**, PhD (Engin.), Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-1894-5294>

**Vitalii Nalyvaiko**, PhD (Engin.), Associate Professor, <https://orcid.org/0000-0002-6297-9045>  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15, Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine

\*Corresponding author: [ivan\\_radko@ukr.net](mailto:ivan_radko@ukr.net)

**Abstract.** The article examines the scientific results of experimental studies of low energy efficiency of urban residential and communal energy supply. The purpose of the study is to reduce the costs of energy carriers in the field of housing and communal services using the example of residential, educational and



industrial buildings of universities. Based on the analysis of the state of energy saving in the field of housing and communal services, a number of main factors influencing the reduction of its energy efficiency have been determined. Among the most important factors that require research is insufficient attention to the technical support of the energy consumption system, namely: outdated electrical equipment, low qualification of service personnel and an ineffective system of promotion of energy saving. According to the results of the conducted research, it was established that the degree of reduction of heat consumption in heating systems depends on heat losses due to the imperfection of factors that affect the reduction of energy efficiency, namely, the enclosing structures, which are determined by the thermophysical properties of the type and characteristics of heat energy meters, as well as through the control system, using which maintains optimal temperature values in building premises during the working day and their minimum permissible values in the evening hours, at night and on weekends. The results of the obtained research made it possible to state that in order to increase the energy efficiency of the heating system of buildings, it is necessary to provide a system of accounting and regulation of the consumption of the building coolant and to ensure the regulation of the coolant depending on the ambient temperature, as well as to limit heat consumption at night and on weekends (holidays). The installation of means of accounting and regulation of heat energy consumption, as well as the creation of a central information and measurement system with subsequent placement, make it possible to conduct operational monitoring of heat flows, which will contribute to reducing the amount of heat energy consumption by an average of up to 35%.

**Keywords:** energy consumption, energy saving, energy efficiency, building, system, accounting, coolant, losses.

## References

1. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku. (2017). Ministerstvo enerhetyky ta vuhilnoi promyslovosti Ukrainy. URL: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245239564&cat\\_id=245239555](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245239564&cat_id=245239555) (Last accessed: 12.02.2023).
2. Analiz efektyvnosti vykorystannia enerhoresursiv u rozvynenykh zarubizhnykh krainakh i zalezhnist vid yikh importu. Ministerstvo enerhetyky ta vuhilnoi promyslovosti Ukrainy, "NEK "Ukrenerho", Naukovo-tekhnichnyi tsentr elektroenerhetyky. URL: [https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist\\_energ\\_resursiv.pdf](https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist_energ_resursiv.pdf)
3. Maissner, F., Naumenko, D., & Radeke, Y. (2012). Pidvyshchennia enerhoeffektyvnosti v Ukraini: zmeshennia rehuliuвання ta stymuliuвання enerhozberezhennia. 25 p. URL: [http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy\\_papers/German\\_advisory\\_group/2012/PP\\_01\\_2012\\_ukr.pdf](http://www.ier.com.ua/files/publications/Policy_papers/German_advisory_group/2012/PP_01_2012_ukr.pdf)
4. Zhelieznyi, A. (2012). Ohliad derzhavnoho mekhanizmu stymuliuвання enerhozberezhennia v munitsypalnykh ta zhytlovo-komunalnykh budivliakh Chekhii. Natsionalnyi ekolohichnyi tsentr Ukrainy.
5. Javied, T., Rackow, T., & Franke, J. (2015). Implementing Energy Management System to Increase Energy Efficiency in Manufacturing Companies. *Procedia CIRP*, 26, 156–161. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.057>
6. Yermilov, S.F. (2007). Derzhavna polityka enerhoeffektyvnosti v yevropeiskomu ta ukrainskomu konteksti. *Ekolohycheskye systemy*, 8, 27–42.
7. Maya, G., Barletta, I., Stahl, B., & Taisch, M. (2015). Energy management in production: A novel method to develop key performance indicators for improving energy efficiency. *Applied Energy*, 149, 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.03.065>
8. Zakon Ukrainy Pro enerhozberezhennia. (1994). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR)*, 30, st. 283. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80#Text> (Last accessed: 12.02.2023).
9. Rocha, P., Siddiquia, A., & Stadlercd, M. (2015). Improving energy efficiency via smart building energy management systems: A comparison with policy measures. *Energy and Buildings*, 88, 203–213. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.11.077>
10. Wen, X., Cao, H., Hon, B., Chen, E., & Li, H. (2021). Energy value mapping: A novel lean method to integrate energy efficiency into production management. *Energy*, 217. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119353>
11. Cooremans, C., & Schönerberger, A. (2019). Energy management: A key driver of energy-efficiency investment? *Journal of Cleaner Production*, 230, 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.333>
12. Johansson, M. T., & Thollander, P. (2018). A review of barriers to and driving forces for improved energy efficiency in Swedish industry – Recommendations for successful in-house energy management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 618–628. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.052>
13. Schulze, M., & Heidenreich, S. (2017). Linking energy-related strategic flexibility and energy efficiency – The mediating role of management control systems choice. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1504–1513. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.231>
14. Blumberga, D., Vigantsa, H., Cilinskisa, E., Vitolinsa, V., Borisova, I., Khabdullin, A., Khabdullinc, A., Khabdullinac, Z., Khabdullinac, G., & Veidenbergsa, I. (2016). Energy Efficiency and Energy Management Nexus. *Energy Procedia*, 95, 71–75. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.023>

15. Dorahakia, S., Dashtia, R., & Shakerb, H. R. (2020). Optimal energy management in the smart microgrid considering the electrical energy storage system and the demand-side energy efficiency program. *Journal of Energy Storage*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101229>
16. Tronchina, L., Manfrenb, M., & Nastasic, B. (2018). Energy efficiency, demand side management and energy storage technologies – A critical analysis of possible paths of integration in the built environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 95, 341–353. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.060>
17. Plachkov, I.V., Kulyk, M.M., Hinailo, V.O., & Trofymenko, Yu.I. (1999). Pidvyshchennia efektyvnosti system tsentralizovanoho teplopostachannia z kombinovanim vyrobnytstvom tepla ta elektroenerhii. *Enerhetyka y elektrifykatsiya*, 4, 1–8 [in Ukrainian].
18. Maliarenko, V.A. (2006). Problemy enerhopotachannia i enerhoberezhennia v ZhKH. *Energy saving. Power engineering. Energy audit*, 1, 10–20 [in Ukrainian].
19. Radko, I.P., Nalyvaiko, V.A., & Okushko, O.V. (2019). Improve the energy efficiency of heat supply systems in educational institutions. *Scientific bulletin of the Tauria State Agrotechnological University*, 9(1), URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/176/168> (Last accessed: 12.02.2023) [in Ukrainian].
20. ISO 50006:2016 (ISO 50006:2014, IDT). Energy management systems. Measuring the level of achieved / achievable energy efficiency using basic levels of energy consumption and energy efficiency indicators. General provisions and guidelines.
21. ISO 50015:2016 (ISO 50015:2014, IDT). Energy management systems. Measurement and verification of the level of achieved/achievable energy efficiency of organizations. General principles and guidance.
22. Pro enerhetychnu efektyvnist: Zakon Ukrainy vid 17.12.2020 r. № 4507. URL: [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=70687](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70687) (Last accessed: 12.02.2023).
23. Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachennia enerhetychnoi efektyvnosti budivel: Nakaz Ministerstva rozvytku hromad ta terytorii vid 27.10.2020 r. № 261.
24. Kachan, Yu.H., & Bratkovska, K.O. (2008). Otsinka dotsilnosti zastosuvannia prohresyvnnykh norm pytomoho enerhospozhyvannia. *Power Eng.: Econ., Tech., Ecol.*, 1, 93–96 [in Ukrainian].
25. Derevianko, D.H., Zaichenko, S.V., & Bepala, N.H. (2022). Methods of the feasibility evaluation of energy efficiency measures in communal buildings. *Power Eng.: Econ., Tech., Ecol.*, 1, 38–45 [in Ukrainian].
26. Liubarets, O.P., Zaitsev, O.M., & Liubarets, V.O. (2010). Proektuvannia system vodianoho opalennia. Kyiv, 200 p.
27. Inozemtsev, H.B., Kozyrskyi, V.V., & Okushko, O.V. (2016). Metody enerhoberezhennia v systemakh elektropostachannia. K.: TsP "Komprynt", 160 p. [in Ukrainian].
28. Radko, I.P., Nalyvaiko, V.A., Okushko, O.V., Mishchenko, A.V., & Antypov, Ye.O. (2018). Pidvyshchennia zakhodiv z enerhoefektyvnosti ta enerhoberezhennia u vyshchykh navchalnykh zakladakh. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*, 283, 275–280 [in Ukrainian].
29. Zhylytsov, A.V., Lut, M.T., Radko, I.P., Nalyvaiko, V.A., Mishchenko, A.V., Okushko, O.V., & Antypov, Ye.O. (2021). Avtomatyzovani modulni teplovi punkty dlia system teplopostachannia VNZ. K.: Vydavnychiy tsentr NUBiP Ukrainy, 365 p. [in Ukrainian].
30. Nalyvaiko, V.A., Radko, I.P., Zhylytsov, A.V., Okushko, O.V., Mishchenko, A.V., & Antypov, Ye.O. (2020). Investigation of Termomodernized Building's Microclimate with Renewable Energy. *E3S Web of Conferences*, 154, 10 p. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015407011>
31. Nalyvaiko, V., Radko, I., Okushko, O., Bereziuk, A., Antypov, I., & Mrachkovska, N. (2023). Research of roof solar power plant in hot water supply installations. *Przeglad Elektrotechniczny*, 99(4), 98–101.

Надійшла до редколегії: 15.05.2023