

УДК 697.1:628.87

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ОПАЛЕННЯ МУНІЦИПАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ**О. В. Герасименко, А. Л. Перекрест**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: Olia789@gmail.com

Розглянуто питання теплового комфорту в приміщеннях громадських будівель із позицій теплового балансу та інженерних систем, що його забезпечують. Для окремо взятого приміщення навчального корпусу університету розраховано втрати тепла через зовнішні огорожувальні конструкції, що дозволяє обґрунтувати вибір опалювальних приладів. Розглянуто основні електротеплові прилади, що використовуються для забезпечення локального комфорту в окремих приміщеннях громадських будівель. Встановлено, що за кількістю споживаної електроенергії й якістю повітря найбільш доцільно використовувати плінтусні обігрівачі. Запропоновано структуру й принципи функціонування системи комбінованого опалення громадської будівлі з використанням пристроїв локального нагріву окремих приміщень та автоматизованого вузла погодного регулювання. Оцінено техніко-економічні показники системи комбінованого опалення.

Ключові слова: опалення, мікроклімат, комфорт, комбіноване опалення.**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ОТОПЛЕНИЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ЗДАНИЙ****О. В. Герасименко, А. Л. Перекрест**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: Olia789@gmail.com

Рассмотрены вопросы теплового комфорта в помещениях общественных зданий с позиций теплового баланса и инженерных систем, которые его обеспечивают. Для отдельно взятого помещения учебного корпуса университета рассчитаны потери тепла через наружные ограждающие конструкции, что позволяет обосновать выбор отопительных приборов. Рассмотрены основные электротепловые приборы, используемые для обеспечения локального комфорта в отдельных помещениях общественных зданий. Установлено, что по количеству потребляемой электроэнергии и качеству воздуха наиболее целесообразно использовать плінтусные обогреватели. Предложены структура и принципы функционирования системы комбинированного отопления общественного здания с использованием устройств локального нагрева отдельных помещений и автоматизированного узла погодного регулирования. Оценены технико-экономические показатели системы комбинированного отопления.

Ключевые слова: отопление, микроклимат, комфорт, комбинированное отопление.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Робота паливно-енергетичного комплексу в муніципалітетах визначається ефективністю використання енергоресурсів, що поставило проблему розробки, дослідження й упровадження енергозберігаючих технологій у системи енергозабезпечення будівель [1]. Із загальних витрат громадських будівель на енергоспоживання частина опалення, а влітку кондиціонування складає від 70 до 80 %.

Зменшення споживання теплової енергії будівлями муніципалітетів можливе за рахунок їх термомодернізації [2] з використанням сучасних підходів [3] та технічних засобів [4, 5].

В останні роки для опалення приміщень все більше, нарівні із централізованим теплопостачанням, використовуються електротеплові прилади. Так, у [6, 7] пропонують після перетворення електричної енергії в теплову акумулювати її, в результаті чого ефективність системи теплопостачання підвищиться. Недоліками таких способів є велике навантаження на існуючі системи електропостачання. У той самий час деякими авторами зазначається, що використання електричного опалення приміщень є недостатньо ефективним. У роботі [7] стверджується, що краще проводити обігрів приміщення одразу первинним паливом, оскільки на отримання однієї оди-

ниці електричної енергії потрібно використати тричотири одиниці палива.

Важливим є питання забезпечення комфортного перебування людей у приміщеннях будівлі, що характеризується певними санітарно-гігієнічними параметрами мікроклімату [9–14]. Наприклад, ДБН В.2.6-31:2006 встановлює мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій та різницю температур внутрішнього повітря й внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 встановлює ергономіку теплового середовища. Аналіз робіт [15, 16] довів, що найбільший вплив на величину коефіцієнта комфортності мають взаємодія температури та вологості повітря. У роботах [17, 18] розглядаються сучасні пристрої для локального комфорту людини.

Таким чином, актуальним є питання економії енергоресурсів на опалення будівель при забезпеченні комфорту в їх приміщеннях.

Метою дослідження є розробка системи комбінованого опалення громадських будівель із використанням приладів локального обігріву для підвищення рівня комфорту при зменшенні затрат на комунальні послуги.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Взаємозв'язок між ефективністю роботи системи опалення та комфортом у приміщенні встановлюється у рівнянні теплового балансу

$$Q_{out} = Q_{int} \tag{1}$$

де Q_{out} – тепловтрати приміщення, Вт; Q_{int} – теплонадходження у приміщенні, Вт.

Теплонадходження Q_{int} у приміщення забезпечується за рахунок теплопередачі від системи опалення (Q_{Hht}), виділення теплоти людьми (Q_{met}), тепловиділення від обладнання (Q_A), сонячної радіації, що потрапляє крізь остеклення та нагріває поверхню будівлі (Q_{sol}), тепловиділення від штучного освітлення (Q_L) (рис. 1).

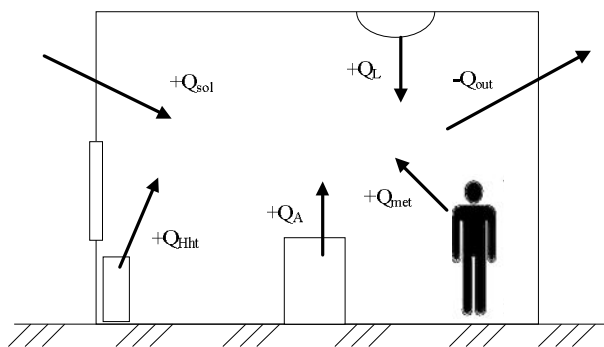


Рисунок 1 – Теплонадходження та тепловтрати у приміщенні громадської будівлі

Тепловтрати Q_{int} приміщення складаються з трансмісійних (Q_{tr}) та теплопередачі вентиляцією (Q_{ve}).

Таким чином, тепловий баланс приміщення виглядає виразом виду

$$Q_{tr} + Q_{ve} = Q_{Hht} + Q_{met} + Q_A + Q_{sol} + Q_L \tag{2}$$

Вимоги до мікроклімату приміщення та методи розрахунку складових виразу (2) встановлено державними стандартами [9–14]. При цьому регламентуються діапазони зміни параметрів мікроклімату для оптимальних та допустимих умов (табл. 1).

Таблиця 1 – Величини показників мікрокліматичних умов у холодний період року при легкій фізичній роботі

Показники	Оптимальні умови	Допустимі умови	
		на постійних робочих місцях	на непостійних робочих місцях
Температура повітря, °С	22–24	21	17
Вологість, %	60–40	75	
Швидкість руху повітря, м/с	0,1	0,2	

Для оцінки роботи діючої системи опалення й обчислення теплового балансу розраховуємо величину теплового потоку, який виходить назовні огорожувальної конструкції.

Тепловий потік для плоскої однорідної стіни визначається за виразом

$$Q_{tr} = \frac{1}{R}(\tau_1 - \tau_2)S, \tag{3}$$

де R – опір теплопередачі стіни, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$; S – площа стіни, м^2 ; τ_1 – температура повітря в середині приміщення, °C ; τ_2 – температура повітря зовні приміщення, °C .

Найбільша кількість тепла приміщенням втрачається через зовнішні стіни будівлі. Тепловий потік через внутрішні огорожувальні конструкції до розрахунку загальних тепловтрат не береться, оскільки температура повітря сусідніх приміщень є практично однаковою, отже перехід тепла з однієї кімнати в іншу майже не відбувається.

Для прикладу розрахунку візьмемо кімнату площею 15 м^2 із зовнішньою стіною без вікон розмірами $2,7 \times 3 \text{ м}$.

Усі розрахунки проводяться для другого корпусу Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, товщина зовнішніх стін якого відома й дорівнює $0,51 \text{ м}$. Матеріал стіни – цегла, приведений опір теплопередачі складає $0,88 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$, що більш ніж у $3,7$ рази менше за нормативне мінімальне значення [11].

Площа стіни, через яку передається тепло, складає $8,1 \text{ м}^2$. За рівнянням (3) розраховано тепловтрати при різних зовнішніх температурах τ_2 :

$$Q_{tr} = \frac{1}{0,88}(18 - (-20))8,1 = 349,8 \text{ Вт};$$

$$Q_{tr} = \frac{1}{0,88}(18 - (-10))8,1 = 257,7 \text{ Вт};$$

$$Q_{tr} = \frac{1}{0,88}(18 - 0)8,1 = 165,7 \text{ Вт}.$$

Також проведено розрахунок для зовнішньої стіни таких же розмірів, але з урахуванням вікна ($1,8 \times 2,3 \text{ м}$, тип вікон – однокамерний склопакет із ПВХ з дерев'яними рамами).

Загальна площа стіни $8,1 \text{ м}^2$, вікна займають $4,14 \text{ м}^2$ від загальної площі. Площа цегляної поверхні

$$S_{wl} = 8,1 - 4,14 = 3,96 \text{ м}^2.$$

Розрахунок тепловтрат через прозорі огорожувальні конструкції не показав суттєвої різниці між однокамерним склопакетом із полівінілхлориду (ПВХ) та вікном із дерев'яною рамою з подвійним застекленням товщиною скла 4 мм .

Термоопір вікон дорівнює $R=0,39 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ [1].

Тепловтрати через цегляну стіну:

$$Q_{tr.wl} = \frac{1}{0,88}(18 - (-20))3,96 = 171 \text{ Вт};$$

$$Q_{tr.wl} = \frac{1}{0,88}(18 - (-10))3,96 = 126 \text{ Вт};$$

$$Q_{tr.wl} = \frac{1}{0,88}(18-0)3,96 = 81 \text{ Вт.}$$

Тепловтрати через віконні отвори:

$$Q_{tr.w} = \frac{1}{0,39}(18-(-20))4,14 = 403,4 \text{ Вт;}$$

$$Q_{tr.w} = \frac{1}{0,39}(18-(-10))4,14 = 287,2 \text{ Вт;}$$

$$Q_{tr.w} = \frac{1}{0,39}(18-0)4,14 = 191,1 \text{ Вт.}$$

Загальні тепловтрати даного типу зовнішньої стіни:

$$Q_{tr} = Q_{tr.wl} + Q_{tr.w} = 171 + 403,4 = 574,4 \text{ Вт;}$$

$$Q_{tr} = Q_{tr.wl} + Q_{tr.w} = 126 + 297,2 = 423,2 \text{ Вт;}$$

$$Q_{tr} = Q_{tr.wl} + Q_{tr.w} = 81 + 191,1 = 272,1 \text{ Вт.}$$

Дані розрахунки дозволяють зрозуміти, яку кількість тепла потрібно компенсувати для забезпечення комфортного перебування людини у приміщенні.

Переважає більшість муніципальних будівель підключена до систем централізованого теплопостачання через елеваторні вузли. При цьому як опалювальні прилади в системах опалення будівель використовуються чавунні радіатори МС-140. Теплова потужність Q_{Hht} радіаторів визначається виразом [19]

$$Q_{Hht} = KF\Delta t, \quad (4)$$

де K – коефіцієнт теплопередачі (табл. 2); F – площа поверхні нагрівання, m^2 ; Δt – температурний напір, $^{\circ}C$:

$$\Delta t = 0,5(t_{in.h.s} + t_{out.h.s}) - t_a, \quad (5)$$

де $t_{in.h.s}$ – температура води на вході в радіатор, $^{\circ}C$; $t_{out.h.s}$ – температура води на виході з радіатора, $^{\circ}C$; t_a – температура повітря у приміщенні, $^{\circ}C$.

Номінальна потужність однієї секції площею $0,254 m^2$ чавунного радіатора МС-140 при температурі теплоносія в $90^{\circ}C$ становить 155 Вт . Розрахунки показали, що реальна потужність секції радіатора змінюється від 37 до 70 Вт при температурах теплоносія на вході/виході $55/45$ і $70/55$ відповідно [3].

Таблиця 2 – Коефіцієнт теплопередачі радіаторів

Тепловий напір	50–60	60–70	70–80	80–100
Радіатори чавунні	Коефіцієнт теплопередачі (К)			
високі (від 660 до 950 мм.)	7,0	7,5	8,0	8,5
середні (580 мм.)	6,2	6,4	6,6	6,8

Для даних умов у кімнаті площею $15 m^2$ встановлено чавунний радіатор із дев'ятьма секціями, середньою потужністю 54 Вт . Загальні теплонадходження становитимуть:

$$Q_{Hht} = Q_9 = 54 \cdot 9 = 489 \text{ Вт.}$$

Отже, теплонадходження від централізованої системи опалення недостатньо, щоб повністю компенсувати тепловтрати приміщення: $489 \text{ Вт} < 574 \text{ Вт}$.

Для забезпечення локального комфорту в приміщеннях громадських будівель люди використовують різного роду електротеплове обладнання: масляні обігрівачі, тепловентилятори, кондиціонери, конвектори тощо (табл. 3).

Аналіз табл. 3 показує, що тепловентилятори, масляні обігрівачі та конвектори відносно недорого коштують та не потребують додаткових коштів на їх установку, однак погіршують показники мікроклімату (вологість повітря, зменшення кисню), обігрів відбувається повільно. Також такі обігрівачі споживають багато електроенергії (від одного до 2 кВт/год.), що, у свою чергу, при частому їх використанні призведе до значних грошових витрат.

Електричний теплоакumuлюючий обігрівач накопичує тепло впродовж ночі, що дозволяє обігрівати приміщення вдень навіть у вимкненому стані та зменшує витрати на електропостачання. Недоліками є велика ціна, великі габарити та вага, що ускладнює його переміщення. Інфрачервоні обігрівачі прогрівають не повітря у приміщенні, а речі, які там знаходяться (відчуття тепла виникає миттєво), але сушать повітря й мають багато застережень: відстань від обігрівача до голови людини має складати не менше одного метра, постійний час роботи – не більше 20 хвилин.

Кондиціонери мають високий коефіцієнт корисної дії, але використовувати їх для опалення приміщень дозволяється лише при невеликих морозах. Тепла підлога може повністю замінити собою централізоване опалення, не пересушує повітря та витрачає від 110 Вт/год. для нагрівання одного квадратного метра. Великим недоліком такої системи є вартість і складність установлення. Найкраще теплу підлогу закладати на етапі проектування будівлі або прокладати під час капітального ремонту. Плінтусні обігрівачі встановлюються замість звичайних плінтусів або над ними. Їх перевагами є малі витрати на електроенергію й рівномірний прогрів приміщення. Проте вони мають свої недоліки, наприклад, при використанні їх як основного опалення обігрівачі повинні займати 80% периметру, що складе значну суму витрат на придбання й монтаж.

Таблиця 3 – Порівняльна таблиця існуючих обігрівачів

Назва	Шляхи передачі тепла	Потужність, кВт*год	Вартість обладнання, грн.	Умови встановлення	Переваги	Недоліки
Масляний обігрівач	Конвекція	1–2	від 700 до 2600	Компактний, пересувний	Довго зберігає тепло навіть у вимкненому стані через високу теплоємність масла. Не шумить	Пересушують повітря. Довго нагріває приміщення. Мас велику вагу й об'ємний за габаритами
Тепло-вентилятор	Конвекція	1–2	від 200 до 1200	Компактний, пересувний	Забезпечує швидкий нагрів приміщення з невеликою площею. Мас малу вагу, мобільний	Спалює кисень. Унаслідок згоряння пилу забезпечує неприємний запах. Шумить
Конвектор	Конвекція	1–2	від 800 до 2500	Компактний, пересувний	Відсутність шуму. Немає неприємного запаху під час роботи. Не впливає на рівень кисню в повітрі приміщення	Повітря нагріває повільно. Конвекційні потоки повітря створюють не тільки передачу тепла, але й піднімають пил у приміщенні. Температури повітря біля підлоги й біля стелі відрізняється, можливі протяги
Інфрачервоний обігрівач	Промєнєве	1,2–3	від 1000 до 4000	Стельовий (за умови, що висота стелі – 2,5–3 м) і настінний вид встановлення	Не спалює кисень, не шумить. Не пересушує повітря. Можливий точковий і зонний обігрів	Швидко втрачається тепло після відключення. Перегривається при тривалому використанні
Плінтусні обігрівачі	Конвекція та промєнєве	0,18/0,27	400/540 грн за 1/1,5м	Встановлюються замість або над існуючими плінтусами у приміщенні	Стіни та підлога прогріваються й стають джерелами тепла. Прогріті низу до верху стіни не промерзають. Не пересушує повітря	Велика довжина, тому для розташованих впритул до стіни або вбудованих меблів місця залишається менше
Електричний теплоакумулюючий обігрівач	Конвекція та промєнєве	16,8 кВт за 7 год. роботи	від 4700 до 8100	Встановлення не потребує	Енергія акумулюється вночі, коли вартість електроенергії мінімальна. Здатні накопичувати необхідну кількість тепла на добу вперед	Великі вартість та вага обігрівачів. Вага – від 65 до 220 кг
Тепла підлога	Конвекція та промєнєве	110–150 Вт/м ²	від 1500 грн/м ² + оплата роботи з установки	Встановлення при капітальному ремонті або реконструкції	Унеможлиблює вогкість і утворення грибка. Рівень вологості в кімнаті завжди знаходиться під контролем	Велика вартість реалізації
Кондиціонери	Конвекція	0,75–1,2	від 4500 до 11000	Потребує встановлення	Високий показник співвідношення виділеного тепла й витраченої електроенергії (за 1 кВт електроенергії отримуємо 3–5 кВт теплової)	Велика вартість. Обмежений діапазон зовнішніх температур використання (до -5 °С). Потребує монтаж та встановлення фахівцями

Опалювальні прилади, розташовані біля зовнішніх огорожень, сприяють підвищенню температури внутрішньої поверхні в нижній частині зовнішньої стіни, що зменшує радіаційне охолодження. Піднімаються потоки теплого повітря, які перешкоджають (якщо немає підвіконь, що перекривають прилади) попаданню охолодженого повітря в робочу зону. Чим вужчий і довший опалювальний пристрій (рис. 2,а), тим рівніше температура у приміщенні й краще прогривається його робоча зона. Високий і короткий прилад (рис. 2,б) викликає активний підйом струменя теплого повітря, що призводить до перегрівання верхньої зони приміщення й опускання охолодженого повітря по обидва боки такого приладу в робочу зону [20].

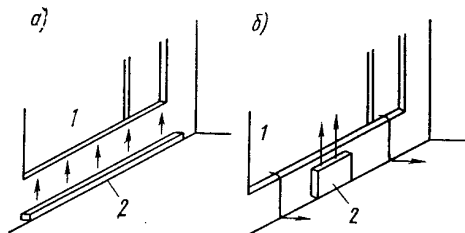


Рисунок 2 – Розміщення опалювальних пристроїв

Унікальністю теплового плінтуса є спосіб обігріву приміщень. Створюється свого роду тепловий екран, що прогриває стіни, які позбавляються вологи та менше проводять тепла назовні.

Зміна вологості будівельних матеріалів істотно позначається на їх теплопровідності. Оскільки для води вона у 25 разів більше, ніж для повітря, то пори, заповнені водою, легше пропускають тепловий потік і коефіцієнт теплопровідності водонасичених матеріалів збільшується [21]. Обігрів стіни відбувається за рахунок прояву «ефекту Коанда». Цей ефект створюється за рахунок зони пониженого тиску біля поверхні – струмінь прилипає до поверхні й рухається по ній [22].

Сучасне теплоенергетичне устаткування, встановлене з розрахунку максимальних навантажень, з невеликим запасом варіювання вироблення теплової енергії, не забезпечує ефективного використання палива. Таким чином, ефективність використання енергоносіїв визначається не тільки ефективністю вироблення тепла й електричної енергії, але й збалансованістю режимів вироблення та споживання енергії [23].

Таблиця 4 – Трьохзонний вид тарифного обліку для юридичних осіб

	Нічний	Полупіковий	Піковий
Тарифний коефіцієнт	0,35	1,02	1,68
Період часу доби, год.	з 23:00 до 6:00	з 6:00 до 8:00; з 10:00 до 17:00; з 21:00 до 23:00	з 8:00 до 10:00; із 17:00 до 21:00

Встановлення багатотарифних приладів обліку та перехід на розрахунки за електроенергію за тарифами, які диференційовані за періодами часу, дозволяє споживачам заощаджувати на оплаті за рахунок споживання електричної енергії у період доби, коли діє найменший тарифний коефіцієнт.

Враховуючи недоліки основних видів електричного обладнання для опалення та ознайомившись із проблемами роботи централізованої системи опалення, пропонуємо використовувати комбінований спосіб із пристроями погодного регулювання. Поєднання системи централізованого тепlopостачання й електричних обігрівачів плінтусного типу дозволить компенсувати тепловитрати приміщення та зменшити оплату комунальних послуг. Також такий спосіб опалення приміщення дозволяє встановити найбільш комфортний для людини мікроклімат.

Комбінований спосіб опалення будівлі (електричні обігрівачі використовуються паралельно із централізованою системою опалення) забезпечує постійний обігрів будівлі навіть у разі порушення роботи електромережі. Також враховується температура зовнішнього повітря, електричні обігрівачі вмикаються за певним часовим розкладом, що зменшує витрати на електроенергію.

В індивідуальному тепловому пункті (рис. 3) до автоматизованого вузла керування надходять дані з датчиків температур зовнішнього повітря, повітря в середині приміщення та дані із системи централізованого тепlopостачання. Коли температура зовнішнього повітря досягає денної позначки -10 °С, вузол керування індивідуального теплового пункту на час нічного тарифу зменшує потужність централізованої системи опалення до третини від існуючої потужності. З автоматизованого вузла погодного регулювання опаленням через пристрій зв'язку до локальної інформаційної мережі будівлі надходять усі раніше зібрані дані. З інформаційної локальної мережі надходять дані, що впливають на прийняття рішення з керування системою опалення, до сервера управління тепlopостачанням будівлі. Керування електричними обігрівачами відбувається окремо для кожної кімнати. У кімнатах встановлені сенсори, які вимірюють температуру повітря у приміщенні та температуру поверхні стіни. Дані із сенсорів надходять по комунікаційному інтерфейсу до терморегулятора кімнати, який на пряму коригує роботу обігрівачів. Усі дані з терморегулятора надходять через сервер управління тепlopостачанням будівлі до локальної інформаційної мережі будівлі.

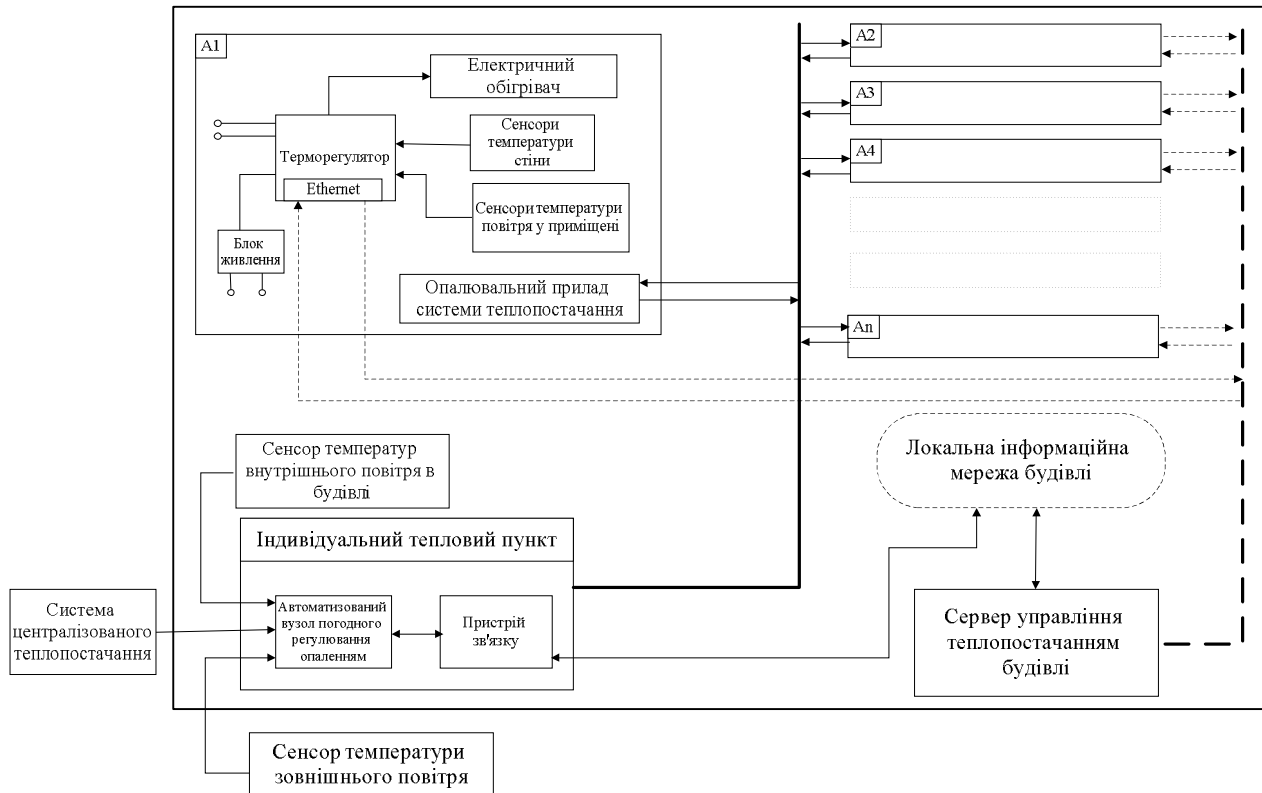


Рисунок 3 – Загальна структурна схема комбінованого опалення

Керування системою комбінованого опалення відбувається у двох режимах. Перший режим – енергозбереження. Обігрівачі працюють у нічному тарифі електроспоживання. У даному режимі встановлено два таймери, які керують системою. Перший таймер – загальний тарифний. Він налаштований на нічний тариф електроенергії. Другий – таймер прогріву стіни, час розраховується відповідно до раніше заданих параметрів будівлі. Коли стіна досягає допустимої позначки температури (температура стіни повинна бути на 4 °C більша за температуру внутрішнього повітря), то даний таймер задає час роботи системи утричі більший, ніж раніше розрахований час, за який у шарах стіни установиться температура. При роботі системи в режимі енергозбереження зменшуються витрати центральної системи опалення від її існуючої потужності паралельно із включенням електричних обігрівачів.

Другий – режим температурного комфорту людини, в якому відбувається прогрів повітря кімнати до встановленої санітарно-гігієнічними нормами температури комфорту. Система опалення поділяє добу на три часові періоди, які залежать від тарифних ставок на електроенергію: нічний, полупіковий і піковий. Електричні обігрівачі не працюватимуть у піковий час. В інший час система за допомогою зняття даних із сенсорів температури повітря слідкує за температурою у приміщенні та, при потребі, прогріває кімнату до встановленої нормами значення.

Система працює в автоматичному та ручному режимах. За необхідністю в ручному режимі регулюється температура на потреби користувача.

Розроблена система опалення працює впродовж опалювального періоду протягом семи годин (тарифна ставка в нічний період використання електроенергії дорівнює 0,35). Паралельно з електричними обігрівачами працюватиме й централізована система опалення, але при використанні її неповної потужності (централізована система опалення працюватиме лише на 1/3).

Таблиця 5 – Вартість устаткування

Найменування	Кількість, шт.	Вартість одиниці, грн.	Всього, грн.
Обігрівач моделі ЕВНА - 0,18/230 П2 (цб)	156	400	62 400
Обігрівач моделі ЕВНА - 0,27/230 П2 (цб)	268	540	144 720
Сенсори та регулятори температури	424	600	254 400
Усього			461 520

Розраховано щоденну економію через зниження потужності централізованої системи опалення. Вихідні дані вказані у табл. 6.

Таблиця 6 – Економія грошей при зменшенні потужності централізованої системи опалення

Зовнішня температура повітря, °С	Витрати теплоенергії, Гкал		Витрати при використанні неповної потужності ЦСО, Гкал/год.		Кількість зекономлених грошей, грн.
	за день	за 1 год.	за 1 год.	за день	
-15 – -20	5	0,21	0,07	4,02	1764
-10 – -14	4	0,17	0,056	3,2	1440
0 – -9	3	0,125	0,04	2,4	1080

Таблиця 7 – Розподіл температур за опалювальні періоди

t _a , °С	Кількість днів за період опалення. Всього – 182 дні					Середня кількість днів
	2011 – 2012	2012 – 2013	2013 – 2014	2014 – 2015	2015 – 2016	
-25 – -21	1	0	0	0	0	0
-20 – -11	18	8	7	3	8	8
-10 – 0	39	50	27	43	45	45
1 – 20	126	125	149	137	129	129

Аналіз табл. 7 показує, що на температуру від -10 і до 20 °С припадає в середньому 90 % днів за період опалення. Розрахуємо річну економію грошей для середньої кількості повторів днів за певних температур та, враховуючи заплановану економію на централізованій системі опалення, отримаємо:

$$I = 1764 \cdot 8 + 1440 \cdot 45 + 1080 \cdot 129 = 218,2 \text{ тис.грн.}$$

ВИСНОВКИ. 1. Виконаний аналіз теплового балансу приміщення навчального корпусу університету показав, що за реальними умовами експлуатації не забезпечуються вимоги до теплового комфорту через занижені показники теплонадходжень від централізованої системи опалення.

2. Обґрунтовано використання плінтусних електрообігрівачів для забезпечення локального теплового комфорту в окремих приміщеннях за мінімумами встановленої потужності й вартості та належною якістю повітря порівняно з іншими електротепловими приладами.

3. Запропоновано структуру та принципи функціонування автоматизованої системи комбінованого опалення громадської будівлі. Система включає локальні підсистеми регулювання температури в окремих приміщеннях, автоматизований вузол погодного регулювання з тепловим лічильником, сервер управління теплозабезпеченням будівлі, інформаційну мережу будівлі та пристрої зв'язку. Розраховані на прикладі навчального корпусу університету техніко-економічні показники впровадження ав-

томатизованої системи комбінованого опалення складають річну економію у 218,2 тис. грн. при вартості реалізації 461,52 тис. грн.

4. Отримані результати складають методологічну основу для розробки математичної моделі автоматизованої системи комбінованого опалення громадських будівель з метою підтвердження на імітаційних моделях отриманих техніко-економічних показників та розробки алгоритмів керування виконавчими механізмами системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Перекрест А.Л., Романенко С.С. Науково-прикладні аспекти енергоресурсозбереження в комунальній енергетиці // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2015. – Вип. 2. – С. 162–170.
2. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків. – К., 2014. – 40 с.
3. Перекрест А.Л., Найда В.В., Романенко С.С., Пороник А.А. Оперативний контроль температурних режимов и управление тепловыми пунктами зданий учебного заведения // Вісник Кременчуцького національного університету. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. 3/2013 (80). – С. 35–43.
4. Лисенко О.М., Кужель Л.М., Божко І.К. Управління тепlopостачанням будівлі на основі використання індивідуального теплового пункту оригінальної конструкції // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015. – Вип. 1 (8). – С. 61–67.
5. Пырков В.В. Современные тепловые пункты: Автоматика и регулирование. – К.: Такі справи, 2007. – 252 с.
6. Парасочка С.О., Хрящевський В.М. До питання про електроаккумуляційне опалення та гаряче водопостачання // Житлово-комунальне господарство України. – 2009. – Вип. 8. – С. 34–37.
7. Мазуренко О.А., Климчук О.А., Шраменко О.М., Сичова О.А. Порівняльний аналіз систем децентралізованого тепlopостачання житлових будівель із використанням електроенергії // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – Вип. 5 (8). – С. 21–25.
8. Бешта О.С. Про ефективне використання електроенергії // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2014. – Вип. 15 (91). – С. 18–19.
9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К., 1999. – 12 с.
10. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. – К., 2015. – 205 с.
11. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. – К., 2011. – 71 с.
12. ДБН В.2.6.-31:2006 Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 70 с.

13. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. – К., 2013. – 174 с.

14. ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. – К., 2011. – 43 с.

15. Сукач С.В. Багатофакторна математична модель комфортного повітряного середовища навчальних приміщень // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Частина I. – 2014. – Вип. 6. – С. 65–70.

16. Конох І.С., Гула І.С., Перекрест А.Л., Сукач С.В. Розробка та дослідження інтелектуальної системи регулювання параметрів мікроклімату приміщення // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2010. – Вип. 3. – С. 80–85.

17. Карманный климат-контроль предоставит персональный комфорт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://hi-news.ru/technology/karmannyj-klimat-kontrol-predostavit-personalnyj-komfort.html>

18. Одежда будущего будет с «автономным отоплением» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://hi-news.ru/technology/odezhda-budushhego-budet-s-avtonomnym-otopleniem.html>

19. Как считается теплоотдача чугунного радиатора отопления? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://79w.ru/otoplenie/batarie-radiator/teplootdacha-chugunnogo-radiatora-vybor#h2_1

20. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. – М.: Высшая школа, 1991. – С. 103.

21. Теплопроводность как явище транспорту енергії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://refsurf.ru/2564151131.html>

22. Как работает система теплый плинтус [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://теплый-плинтус.рф/index.php/advantages1>

23. Любарець О.П., Зайцев О.М., Любарець В.О. Проективання систем водяного опалення: посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ. – К., 2010. – 200 с.

POSSIBILITY OF USING ELECTRIC ENERGY FOR EFFECTIVE HEATING OF PUBLIC BUILDINGS

O. Herasimenko, A. Perekrest

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: Olia789@gmail.com

The paper discusses the issues of thermal comfort in indoor public buildings from the point of heat balance and engineering systems it provides. For a single room school university buildings designed heat loss through the exterior building envelope, allowing justify the choice of radiators. The main electrothermal devices used for local businessmen in separate rooms of public buildings. It was found that the amount of electricity consumed and the air quality is most advisable to use baseboard heaters. The structure and operation of the system combined heating public buildings using devices of local heating of individual rooms and automated weather control unit. Estimated technical and economic performance of the combined heating

Key words: heating, microclimate, comfort, combined heating.

REFERENCES

1. Perekrest, A.L. and Romanenko, S.S. (2015), “Scientific and practical aspects of energy saving in municipal energy“, *Elektromehanični i energozberigayuchi systemy*, Vol. 2, pp. 162–170. (in Ukrainian)

2. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2014), *DSTU-N B V.3.2-3:2014 Nastanova z vykonannya termomodernizatsii zhytlovyh budynkiv* [DSTU-H B V.3.2-3: 2014 Guide of realization thermo-modernization of buildings], Kyiv. (in Ukrainian)

3. Perekrest, A.L., Naida, V.V., Romanenko, S.S. and Poronik, A.A. (2013), “Operational temperature control and thermal management of buildings points of the institution“, *Visnyk Kremenchutskogo natsionalnogo universitetu*, Vol. 3, no. 80, pp. 35–43. (in Russian)

4. Lysenko, O.M., Kuzhel, L.M. and Bozhko, I.K. (2015), “Management of buildings heating on the basis of individual heating unit of original design“, *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohyy*, Vol. 1, pp. 61–67. (in Ukrainian)

5. Pyrkov, V.V. (2007), *Sovremennye teplovye punkty: Avtomatika i regulirovanie* [Modern heating

units: Automation and regulation], *Taki Spravi*, Kyiv. (in Russian)

6. Parasochka, S.O. and Hryashevskiy, V.M. (2009), “On the question of electric accumulative heating and hot water“, *Zhytlovo-komunalne gospodarstvo Ukrainy*, no. 8, pp. 34–37. (in Ukrainian)

7. Mazurenko, O.A., Klimchuk, O.A., Avramenko, A.M. and Sychev, O.A. (2014), “The comparative analysis of detsentralizovanoho heating of residential buildings with the use of electric power“, *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohiy*, Vol. 5, no. 8, pp. 21–25. (in Ukrainian)

8. Beshta, O.S. (2014), “About the efficient use of electricity“, *Elektrotehnični ta kompyuterni systemy*, Vol. 15, no. 91, pp. 18–19. (in Ukrainian)

9. Ministry of Public Health of Ukraine (1999), *DSN 3.3.6.042-99 Sanitarni normy mikroklimatu vyrobnychih prymishhen* [SDS 3.3.6.042-99 Sanitary norms of microclimate of industrial premises], Kyiv. (in Ukrainian)

10. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2015), *DSTU B A.2.2-12:2015 Energetychna efektyvnist*

budivel. Metod rozrahunku energospozhyvannya pry opalenni, oholodzhenni, ventylyatsii, osviltenni ta garyachomu vodopostachanni [DSTU B A.2.2-12: 2015 Energy efficiency of buildings. The method of calculating the energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water], Kyiv. (in Ukrainian)

11. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2011), *DSTU B EN 15251:2011 Rozrahunkovi parametry mikroklimatu prymishhen dlya proektuvannya ta otsinky energetychnyh harakterystyk budivel po vidnoshennyu do yakosti povitrya, teplovogo komfortu, osviltennya ta akustyky* [DSTU B EN 15251: 2011 Estimated parameters of microclimate premises for design and evaluation of energy characteristics of buildings in relation to air quality, thermal comfort, lighting and acoustics], Kyiv. (in Ukrainian)

12. Ministry of Construction, Architecture and Housing–Communal Services of Ukraine (2006), *DBN V.2.6.-31:2006 Teplova izolyatsiya budivel* [DBN V.2.6.-31: 2006 Thermal insulation of buildings], Kyiv. (in Ukrainian)

13. Ministry of Regional Development, Construction and Housing–Communal Services of Ukraine (2013), *DBN V.2.5-67:2013 Opalennya, ventylyatsiya ta kondycionuvannya* [DBN V.2.5-67: 2013 Heating, ventilation and air conditioning], Kyiv. (in Ukrainian)

14. Ministry of Regional Development and Housing and Communal Services of Ukraine (2011), *DSTU B EN ISO 7730:2011 Ergonomika teplovogo seredovyshha. Analitychne vyznachennja ta interpretacija teplovogo komfortu na osnovi rozrahunkiv pokaznykiv PMV i PPD i kryteriiv lokalnogo teplovogo komfortu* [DSTU B EN ISO 7730:2011 Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort calculations based on PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria], Kyiv. (in Ukrainian)

15. Sukach, S.V. (2014), “Multivariabele mathematical model of a comfortable air environment classrooms”, *Visnyk KrNU imeni Myhayla Ostrogradskogo. Chastyna I*, Vol. 6, pp. 65–70. (in Ukrainian)

16. Konoh, I.S., Gula, I.S., Perekrest, A.L. and Sukach, S.V. (2010), “Development and study intellectual control system for room’s microclimate’s parameters”, *Elektromehanichni i energozberigajuchi systemy*, Vol. 3, pp. 80–85. (in Ukrainian)

17. “Pocket climate control provide personal comfort”, available at: <http://hi-news.ru/technology/karmannyj-klimat-kontrol-predostavit-personalnyj-komfort.html> (accessed October 2, 2015). (in Russian)

18. Future clothing will be with "central heating", available at: <http://hi-news.ru/technology/odezhda-budushhego-budet-s-avtonomnym-otopleniem.html> (accessed October 2, 2015). (in Russian)

19. “How count the heat transfer of iron radiator?” available at: http://79w.ru/otoplenie/batarie-radiatory/teploodacha-chugunnogo-radiatora-vybor#h2_1 (accessed October 27, 2015). (in Russian)

20. Belyaev, V.S. and Khokhlova, L.P. (1991), *Proektirovanie energoekonomichnyh ergoaktivnyh grazhdanskih zdaniy*, [Energy efficient design and energy active civil buildings], *Visshaya shkola*, Moscow. (in Russian)

21. “The thermal conductivity as a phenomenon of transport energy” available at: <http://refsurf.ru/2564151131.html> (accessed November 15, 2015). (in Ukrainian)

22. “How does the warm plinth work”, available at: <http://теплий-плинтус.рф/index.php/advantages1> (accessed May 1, 2015). (in Russian)

23. Lyubarets, O.P., Zaitsev, O.M. and Lyubarets, V.O. (2010), *Proektuvannya system vodyanogo opalennya*, [Design of water heating], Kyiv. (in Ukrainian)

Стаття надійшла 18.11.2015.