УДК 628.81:620.9

Л.Д. ТРЕТЯКОВА, Т.Є. ЛУЦ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

У статті розглянуто питання впровадження енергозберігаючих технології у системах опалення виробничих і житлових приміщень з використанням електрообігрівачів акумуляційного типу. Запропоновано метод вибору потужності електрообігрівачів у проектуванні систем опалення за тепловими та вартісними показниками електроприладів і будівельних конструкцій.

Ключові слова: *Системи опалення, електрообігрівачі акумуляційного типу*

Головним завданням Енергетичної стратегії України на період до 2030 року є створення умов до суттєвого зниження енергоспоживання через впровадження нових технологій, новітніх систем контролю та керування в усіх галузях економіки. У структурі споживання первинних енергоносіїв нині переважає природний газ – 41%, частки мазуту та вугілля становлять відповідно 21% і 19%.

Постановка проблеми. На вибір системи опалення впливає багато чинників, серед яких найважливішими є: доступність до певного виду палива; проектно-архітектурні рішення; обсяги приміщень; фінансові можливості підприємства, екологічні аспекти. Заміна газових котелень на електричні теплогенератори та акумуляційний електричний обігрів може суттєво обмежити використання природного газу на потреби опалення.

Найперспективнішою системою опалення житлових і виробничих будівель в умовах України є електрообігрівачі акумуляційного типу (ЕОА) [1]. Основна перевага таких обігрівачів полягає в тому, що вони накопичують велику кількість теплоти в період мінімального навантаження енергосистеми з 23.00 до 7.00, у проміжок часу, коли діють найдешевші тарифи на електроенергію та віддають її впродовж доби. Конструкція ЕОА складається з акумуляційного блоку, термоізоляції і нагрівальних елементів, гарантований термін використання яких становить десять років.

Мета роботи – метод вибору потужності електрообігрівачів акумуляційного типу і черговості впровадження енергозберігаючих заходів, що дає змогу зменшити загальні витрати на системи опалення.

Актуальність дослідження. Нині в Україні залишається актуальною проблема створення задовільних температурних умов у виробничих і житлових приміщеннях в

осіннє-зимовий період. За оцінками експертів більш як сімдесят відсотків споживачів теплової енергії мають незадовільні температурні мікрокліматичні умови. На вибір системи опалення впливає багато чинників, серед яких найважливішими є: доступність до певного виду палива; проектно-архітектурні рішення; обсяги приміщень; фінансові можливості підприємства, екологічні аспекти. У європейських країнах традиційно виконуються і нині абсолютно домінують автономні системи опалення, які забезпечують теплові режими в окремих приміщеннях або будівлях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз [1, 2] дав змогу здійснити економічну оцінку наявних видів автономного обігріву. Визначено коефіцієнти інвестиційних та експлуатаційних витрат (для п'ятнадцять років експлуатації) наявних систем опалення порівняно з базовою, за яку прийнято систему обігріву приміщень кам'яним вугіллям з базовим коефіцієнтом витрат, який дорівнює 100 (табл. 1).

Таблиця 1. **Коефіцієнти витрат за наявних цінах на носії енергії**

Енергоносій	Базове устаткування	Середній коефіцієнт інвестиційних витрат	Середній коефіцієнт експлуатаційних витрат
Кам'яне вугілля	Котел, система опалення	100	100
Природний газ	Котел, бойлер, система опалення, підключення до газової мережі	200	132
Зріджений газ	Котел, бойлер, система опалення, газовий балон	170	210
Мазут	Котел, бойлер, система опалення, паливний бак	180	168
Прямий електрообігрів	Обігрівачі та додаткова лінія для підключення до мережі	55	160
Електрообігрів акумуляційний	Обігрівачі, регулятори, двотарифний лічильник	130	130
Сонячний колектор	Колектори, насос, бойлер, накопичувач теплоносія, система опалення	350	85
Тепловий насос	Тепловий насос, бойлер, накопичувач теплоносія, підлога з обігрівом, вертикальні зонди в ґрунті	470	50

За новітніми технологіями системи автономного опалення розроблюють на основі електрообігрівачів, які безпосередньо без проміжних теплоносіїв перетворюють електричну енергію у теплову.

Найперспективнішою системою опалення житлових і виробничих будівель в умовах України є електрообігрівачі акумуляційного типу (ЕОА) [3]. Основна перевага

таких обігрівачів полягає в тому, що вони накопичують велику кількість теплоти в період мінімального навантаження енергосистеми з 23.00 до 7.00, у проміжок часу, коли діють найдешевші тарифи на електроенергію, віддають її впродовж доби.

Конструкція ЕОА складається з акумуляційного блоку, термоізоляції, і нагрівальних елементів (табл. 2), гарантований термін використання становить 10 років.

Таблиця 2. **Характеристики нагрівальних елементів**

Потужність обігрівача, Вт	Кількість нагрівальних елементів, шт.	Струм нагрівального елемента, А	Потужність нагрівального елемента, Вт	Потужність додаткового нагрівального елемента, Вт
1000	1	4,35	1000	–
2000	6	1,46	335	700
3000	6	2,17	500	1000
4000	6	2,87	660	1300
5000	6	3,63	833	1600

Забезпечення задовільного теплового режиму у приміщеннях під час встановлення або заміну систем опалення потребує суттєвих інвестиційних витрат (див. табл. 1). Однак у разі, коли будівельні конструкції приміщень застарілі, споживач не отримає очікуваного теплового комфорту. Враховуючи масовий характер використання електрообігрівачів, доцільно під час вибору їх потужності здійснити заходи для обмеження загальної вартості проекту. Отже, необхідно шукати нові методичні підходи у проектній практиці вибору енергозберігаючих технологій.

Об’єкт дослідження – процес впровадження енергозберігаючих технологій опалення житлових і виробничих приміщень.

Предмет дослідження – метод вибору потужності електрообігрівачів акумуляційного типу і черговості впровадження енергозберігаючих заходів, які дають змогу зменшити загальні витрати на системи опалення.

Результати та їх обговорення. Потужність ЕОА вибираємо за умови підвищення до заданого значення температури (у межах 17…23 ^{o}C залежно від вимог споживача) у приміщені за нічні години (з 23 до 7 годин) та накопичення акумуляційними блоками достатньої кількості теплоти для компенсації теплових втрат через огороджувальні конструкції впродовж робочого дня [4]. Умови теплового балансу запишемо у вигляді рівняння

$$P \cdot \tau = Q_{ак} + Q_{об}\,, \qquad (1)$$

де P – потужність ЕОА, Вт; τ – тривалість роботи ЕОА, год; $Q_{ак}$ – кількість теплоти, яка

акумулюється в ЕОА, Вт·год; $Q_{об}$ – кількість теплоти, яка витрачається у приміщенні.

У будівлях акумульована теплота витрачається на покриттях теплових втрат, які залежать від конструктивних особливостей і додаткових теплових надходжень. Теплові втрати W розраховуємо за формулою:

$$W = W_{інф} + W_{вент} + W_{стіни} + W_{вікон} + W_{стелі} + W_{підлоги}, \quad (2)$$

де $W_{інф}$, $W_{вент}$ – теплові втрати через природну і механічну вентиляцію; $W_{стіни}$, $W_{стелі}$, $W_{підлоги}$, $W_{вікон}$ – відповідні теплові втрати пов'язані з конструктивними особливостями будівлі і вікон.

У виробничих приміщеннях додаткові теплові надходження ΔQ визначаємо за формулою:

$$\Delta Q = Q_л + Q_{пр} + Q_c + Q_{тех}, \quad (3)$$

де $Q_л$ – теплота, яку утворюють працівники залежно від важності праці; $Q_{пр}$ – теплота, яка надходить від включених електроприладів, комп'ютерів, освітлення тощо;

Q_c – надходження теплоти від сонячної радіації; $Q_{тех}$ – теплота, яка утворюється залежно від функціональної приналежності, технологічних особливостей та режимів використання технологічного устаткування.

Враховуючи достатньо високий рівень інвестиційних витрат під час встановлення ЕОА, вибір потужності здійснено через порівняння економічних характеристик обігрівачів і питомого теплового опору огороджувальних конструкцій.

Таблиця 3. **Характеристики приміщення**

Елементи огорожі	Площа, F_i, м^2	Температура, t, °С	Питомий тепловий опір, r_i, (м^2· К)/Вт	Коефіцієнт зв'язку, r_{mini}/r_i
Стіна внутрішня	7,5	20	0,316	0,886
Стіна внутрішня	10	20	0,316	0,886
Стіна внутрішня	10	20	0,316	0,886
Стіна зовнішня	7,5	-22	1,1	0,255
Вікно	0,89	-22	0,28	1,000
Перекриття	24	10	1,8	0,156
Двері	1,76	10	0,833	0,336

Як приклад, за об'єкт дослідження розглянуто виробниче приміщення швейної фабрики, побудованої 1974 року, площею 24 м^2 (табл. 3), яке розташовано у Черкаській області, де максимальна зовнішня температура становить мінус 22ºС , а внутрішню потрібно підтримувати на рівні +20ºС.

Початкові тепловитрати у приміщенні визначено за допомогою програмного забезпечення KAN OZC, призначеного до розрахунку та проектуванню систем

опалення [5]. Для забезпечення заданої температури впродовж дня і компенсації теплових втрат вибираємо ЕОА потужністю 4 кВт, вартість якого становить 7250 грн.

Виходячи з мінімального значення опору огороджувальних елементів конструкції, розрахуємо вартості окремих елементів системи від термічного опору огороджувальних конструкцій за формулою:

$$S(R_0) = C_j \cdot (\sum_{i=1}^{n} (F_i \cdot \Delta t_i \cdot \frac{1}{R_0} \cdot \frac{r_{\min i}}{r_i} \cdot k_i) - \Delta Q), \quad (4)$$

де S – вартість елементів системи, грн; C_j – вартість j-го заходу, грн; F_i – площа i-ї огороджувальної конструкції, м^2; R_o, r_i – відповідно питомий термічний опір базової та i-ї огороджувальної конструкції, (м^2·К)/Вт ; k_i – корегуючий коефіцієнт; Δt_i – відповідно різниця між внутрішньою $t_{вн}$, та зовнішньою $t_з$ температурою i-ї огороджувальної конструкції, ºС; r_{mini}/r_i – коефіцієнт зв'язку термічних опорів огороджувальних конструкцій.

Для приміщення, яке розглядаємо, згідно з (4) побудовано графік залежності вартості окремих елементів системи від термічного опору огороджувальних конструкцій (рис. 1).

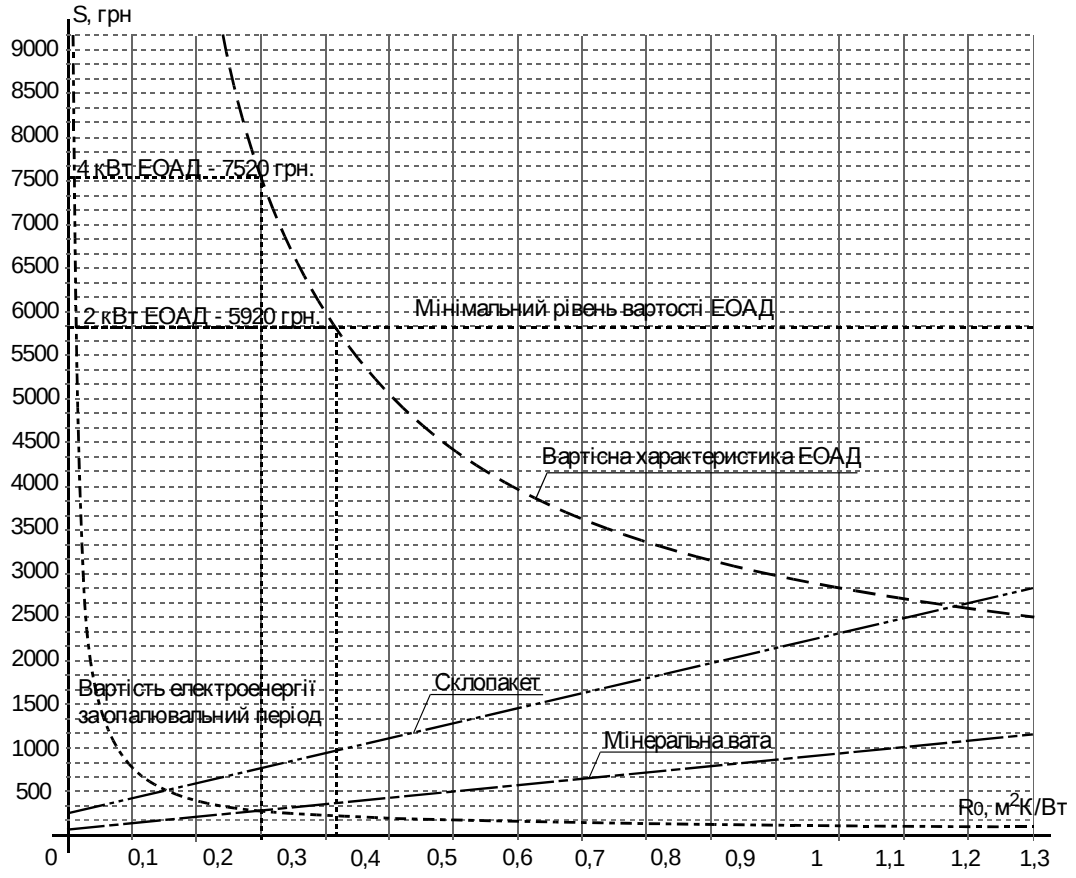

Рис. 1. **Залежність вартості заходів з покращення теплового режиму від теплового опору**

Як випливає з рис. 1, зменшення витрат на ЕОА можна реалізувати через збільшення термічного опору елементів огороджувальної конструкції. У разі заміни ЕАО потужністю 4 кВт за 2 кВт з графіку (див. рис. 1) визначаємо мінімальний термічний опір елементів огородження $R_o = 0{,}36$ (м^2·К)/Вт, який забезпечить зменшення загальних теплових втрат до рівня 28 кВт·год. На наступному кроці розрахунку виберемо елемент огороджувальної конструкцію, збільшення термічного опору якого буде економічно доцільно за формулою:

$$r = \frac{C \cdot (F \cdot \Delta t \cdot k - \Delta Q)}{S - C_j(\sum_{i=1}^{n}(F_i \cdot \Delta t_i \cdot k_i \cdot \frac{1}{r_i}) - \Delta Q}, \qquad i = 1,2,...n \tag{5}$$

де r_i – термічний опір елементу огороджувальної конструкції, (м^2·К)/Вт; S – вартість електрообігрівача за термічного опору r, грн.

За результатами розрахунків визначено, що економічно доцільно підвищити питомий тепловий опір внутрішньої стіни до 0,58(м^2·К)/Вт, що дає змогу забезпечити заданий рівень температури у приміщенні з ЕАО потужністю 2 кВт. Аналізуючи результати розрахунків можна зробити такі висновки:

– утеплювати внутрішні стіни з економічних міркувань доцільніше ніж підвищення потужність ЕОА;

– економія коштів під час заміни ЕОА потужністю 4 кВт на 2 кВт становить 2720 грн;

– економія електроенергії за опалювальний період становить 528 грн.

Висновки та перспективи використання результатів дослідження

1. Поліпшення теплового режиму впродовж осінньо-зимового періоду у житлових і виробничих приміщеннях потребує комплексної оцінки заходів з енергозбереження.

2. Запропоновано графоаналітичний метод вибору потужності електрообігрівачів акумуляційного типу під час проектування систем опалення з урахуванням теплових і вартісних показників будівельних конструкцій і електроприладів.

Список використаної літератури

1. Разводовський А.А. Альтернативное отопление становится реальностью / А.А.Разводовський // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2010. – № 3. – С.16-22.

2. Игнатьев В. Концепция программы постепенного перехода на электрическую

энергию систем тепло- и газоснабжения жилищно-коммунального хозяйства и бюджетной сферы / В. Игнатьев, И. Игнатьева. // Энергетическая политика Украины. – 2005. – №5. – С. 80-84.

3. Гітенко С.М. Сучасний стан і перспективи розвитку систем електрообігріву в Україні / С.М. Гітенко, С.Я. Межений, Д.Й. Розинський // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2006. – № 2.– С. 9-12.

4. Третякова Л.Д. Ефективні засоби електротеплоакмуляційного обігріву / Л.Д.Третякова, А.Є. Селіверстов, М. Баран // Промислова електроенергетика та електротехніка. – 2006. – № 4. – С. 14-16.

5. Kast W., Klan H. Simulation des Heizenergieverbrauchs von Wohnhausen Unter Berucksichtigyng dei Solarenergie // HLH.–1993.– №10 (44).– P. 613-616.

Стаття надійшла до редакції 21.10.2013

Рецензент доктор техн. Денисюк С.П.

Энергосберегающие системы отопления производственных помещений

Третьякова Л.Д., Луц Т.Е.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

В статье рассмотрены вопросы внедрения энергосберегающих технологий в системах отопления производственных и жилых помещений с использованием электрообогревателей аккумулирующего типа. Предложен графоаналитический метод выбора мощности электрообогревателей при проектировании, который учитывает энергетические и стоимостные показатели оборудования и строительных конструкций.

Ключевые слова: системы отопления, электрообогреватели аккумулирующего типа.

The energy-efficient technologies installation for heating industrial buildings

Tretiakova L., Lutz T.

National technical university of Ukraine “Kyiv polytechnic institute”

This article gives us the introduction into the energy-efficient technologies installation. These technologies work on the accumulating type of electric heaters and could be used for heating industrial and residential buildings. The proposed graphs- analytical method might be used in the design of heating systems, since it gives possibility to choose the capacity of electric heaters taking into account the energy and cost parameters as well as building structures.

Keywords: heating systems, electric heaters of accumulating type.