

УДК 620.98

ДЕШКО В.І, БУЯК Н.А, БІЛОУС І.Ю.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ВИБІР ТЕПЛОВОГО ЗАХИСТУ ТА ДЖЕРЕЛА ТЕПЛА ІЗ ВРАХУВАННЯМ КОМФОРТНИХ УМОВ У БУДІВЛІ

***Мета.** Розробка та вивчення можливостей алгоритму для комплексного вибору теплового захисту та джерела тепла із врахуванням комфортних умов у будівлі.*

***Методика.** До будівлі застосовувався методи енергетичного та економічного аналізу для визначення споживання енергії та інтегрованої вартості в комплексі джерело тепла – людина – огорожувальні конструкції. Методика визначення комфортних умов пристосована для аналізу розглянутої системи та враховує теплові надходження від сонячної радіації.*

***Результати.** У ході дослідження складної системи джерело тепла – людина – огорожувальні конструкції будівлі, запропоновано і проаналізовано алгоритм вибору оптимальних параметрів. Проаналізовані різні підходи щодо визначення середньої радіаційної температури приміщення та запропонована методика, яка враховує власний теплообмін огорожувальних конструкцій тепловим випромінюванням та сонячною радіацією.*

***Наукова новизна.** Запропонований алгоритм вибору джерела тепла та оптимального теплового захисту будівлі із врахуванням комплексу комфортних умов. Розроблено та проаналізовано доцільність використання методики визначення радіаційної температури на базі ефективних потоків внутрішніх поверхонь огорожень для системи джерело тепла – людина – огорожувальні конструкції будівлі.*

***Практична значимість.** Представлений алгоритм дозволить проектувати будівлі з низьким споживанням енергії та комфортними умовами перебування людини.*

***Ключові слова:** енергоефективна будівля, комфортні умови, радіаційна температура приміщення, первинна енергія будівлі, інтегрована вартість опалення.*

Вступ. Підвищення рівня комфортних умов є обов'язковою вимогою, що впливає із українських та європейських будівельних стандартів. Крім того підвищення ефективності і зменшення кількості споживання енергоресурсів – необхідність в умовах економічної ситуації, що склалася в Україні. Тому використання комплексних підходів при виборі джерел тепла та огорожувальних конструкцій є актуальним на стадії проектування та модернізації будівлі.

Запропоновано комплексний підхід для оцінювання доцільності впровадження заходів з енергозбереження в ЖКГ, що враховує вартість, важливість і складність впровадження заходів [1]. Існують підходи щодо вибору енергоефективного інвестиційного проекту для будівлі, що базуються на лінійних моделях [2, 3] та підхід, що базується на застосуванні нелінійної енергетичної функції граничної корисності [4]. Автори пропонують методику вибору матеріалів для термореновації будівель, що ґрунтується на теорії нечітких множин [5]. Однак не розглянуто складну систему джерело тепла – людина – огорожувальні конструкції, з метою створення будівлі із низьким споживанням енергії та комфортними умовами перебування людини з мінімальними грошовими витратами.

Постановка завдання. Метою роботи є розробка та вивчення можливостей алгоритму для комплексного вибору теплового захисту та джерела тепла із врахуванням комфортних умов у будівлі. Вибір та уточнення моделі комфортних умов.

Результати дослідження. Особливості підходу до комплексного аналізу будівлі, як єдиної енергетичної системи полягають у наступному: 1) пропонується обирати джерело тепла у комплексі із тепловим захистом огорожувальних конструкцій; 2) комплексний вибір здійснюватиметься із врахуванням комфортної температури внутрішнього повітря у приміщенні; 3) Вибір того чи іншого варіанту проводитиметься не тільки за зменшенням споживання енергоносіїв, терміном окупності чи чистою приведеною вартістю. Порівняння альтернатив здійснюватиметься за енергетичними, економічними показниками.

У даному підході перший блок – визначення комфортних умов. Комплекс комфортних умов враховує наступні фактори: термічний опір огорожувальних конструкцій, інтенсивність діяльності людини, надходження сонячної радіації. У блоці № 2 обираються можливі варіанти теплового захисту із врахуванням діючих нормативів, існуючого ринку теплоізоляційних матеріалів. Блок № 3 – формуються можливі варіанти джерел тепла із врахуванням комбінованого тепlopостачання. Блок №4 – для множини джерел тепла аналізуються тарифи на спожиті енергоносії та тенденції їх зміни. Блок № 5 – визначаються наступні показники для оцінки альтернатив і прийняття рішення: простий термін окупності; вартість спожитих енергоносіїв за опалювальний період; споживання первинної енергії; інтегрована вартість опалення – комплексний показник, залежить від обраного горизонту розрахунку, враховує зміну вартості енергоносіїв у часі, капітальні витрати на джерело тепла та огорожувальні конструкції. Також доцільно враховувати і екологічні показники, та показники що характеризують комфортні умови. Блок 6 – використання методу експертних оцінок для вибору найкращої альтернативи на основі сукупності отриманих показників.

Параметри моделі дослідження відповідають кімнатам будинку в м. Києві, побудованому у 80-х роках, з орієнтацією на південь (Пд). Вважається, що необхідний мікроклімат в приміщенні може забезпечуватися наступними варіантами: 1) автономний газовий котел; 2) централізоване тепlopостачання; 3) електричний котел; 5) ТПУ та електричний нагрівач.

Забезпечення комфортних умов перебування людини у приміщенні є першочерговим при проектуванні будівель. У зв'язку із цим розвиваються різні підходи щодо забезпечення цих умов [6, 7]. Основний підхід, розроблений [6] і втілений у європейських стандартах, дозволяє врахувати інтенсивність трудової діяльності людини, тип одягу, відносну вологість повітря. У даній моделі пропонується враховувати комфортні умови для опалювального періоду, як співвідношення температури внутрішнього повітря t_B і радіаційної температури при різній активності людини [7]:

$$t_R = 1,57 \cdot t_n(N) - 0,57 \cdot t_B \pm 1,5 \quad (1)$$

де t_R – середньозважена радіаційна температура приміщення, °C;

$t_n(N)$ – нормоване значення відповідає комфортним умовам при різній інтенсивності трудової діяльності °C.

Середня радіаційна температура визначається в [8] як (метод 1):

$$t_R = \left[\left(\frac{\sum_{i=1}^n F_i \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n F_i} + 273 \right)^4 + 0,179 \cdot 10^8 \cdot \alpha_{ir} \cdot f_p \cdot q_{ir} \right]^{0,25} - 273, \quad (2)$$

де F_i – площа огорожувальної конструкції;

t_i – температура огорожувальної конструкції, °C;

α_{ir} – середнє поглинання сонячного випромінювання;

f_p – коефіцієнт прогнозованої площі для теплового потоку (це функція, що залежить від напрямку випромінювання і розміщення людини приймаємо = 0,2);

q_{ir} – середня густина теплового потоку сонячного випромінювання на вертикальну поверхню, Пд орієнтації, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$. Величина q_{ir} приймалася за середніх умов хмарності і рівна

$$35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Температура внутрішньої поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій визначається за підходом [9], а температура інших огорожувальних конструкцій приймається рівною температурі внутрішнього повітря.

Для порівняння підходів та дослідження можливого впливу відбиття сонячної радіації та теплового випромінювання нами розроблено методику визначення радіаційної температури (метод 2) на базі ефективних потоків внутрішніх поверхонь огорожень:

$$t_i = ((t_{im} + 273)^4 + \frac{0,179 \cdot 10^8 \cdot Q_{ef2i}}{F_i})^{0,25} - 273 \quad (3)$$

де t_{im} – температура огорожувальної конструкції, що визначається на основі моделі, яка враховує власний теплообмін огорожуючих конструкцій тепловим випромінюванням та сонячною радіацією, °C;

Q_{ef2i} – ефективний потік сонячної радіації для i -ї огорожувальної конструкції, Вт.

Радіаційна температура приміщення визначається як середньозважена по температурах та площах огорожень. Значення сумарних внутрішніх теплових надходжень та опалення розраховувались для температури приміщення 18°C і зменшувалися при врахуванні надходження сонячної радіації.

Результати розрахунку із врахуванням сонячної радіації середньої радіаційної температури представлені на рис. 1. Очевидне зростання, при покращенні теплової ізоляції, радіаційної температури від 20 до 20,7 °C та від 18,7 до 19 °C при застосуванні методу 1 та методу 2 відповідно. Якщо ж надходження сонячної радіації не враховувати то t_R зростає наступним чином 16,8 – 17,6 °C та 17,6 – 17,9 °C. Зростання радіаційної температури спричинене зростанням температури внутрішньої поверхні зовнішніх огорожень при збільшенні опору теплопередачі. Значення t_R є дещо вищим, якщо розрахунок проводити за методом 1 і враховувати надходження сонячної радіації. Отже існує відмінність між середньою радіаційною температурою за першим методом і другим, що пояснюється дещо різними підходами до урахування впливу сонячної радіації, яка

потрапляє у приміщення через світлопрозорі конструкції. В методі 1 для поглинання сонячної радіації приймається середнє значення, також враховано певне розміщення людини і напрям випромінювання. В методі 2 зроблено спробу визначення радіаційної температури для приміщення за рахунок використання ефективних потоків сонячної радіації від поверхонь у дифузному наближенні.

На основі співвідношень (1) та методу 2 визначений діапазон температури внутрішнього повітря, що відповідає комфортним відчуттям людини у стані спокою, для різних джерел тепла і для мінімальної та середньої температури зовнішнього повітря для опалювального періоду, для різного теплового захисту будівлі (Пр.1, Пр.2, Пр. 3), дані представлені на рис.2.

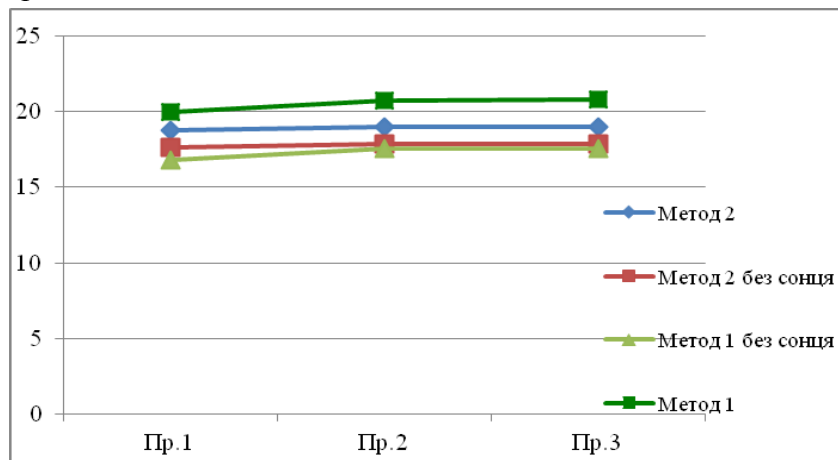


Рис. 1 Середня радіаційна температура

Пр.1 Термічний опір відповідає нормам 80-их років, Пр.2 – відповідає сучасним нормам, Пр.3 – покращений на 20 %.

Виходячи із припущення, що $t_R = t_B$ діапазон комфортної температури $22 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$, використання підходу комфортних умов спричиняє зростання споживання енергії. Уточнення t_R за методом 2 дає зменшення комфортної температури, тому приводить до зменшення витрат енергії на опалення приміщень. Для перевірки відповідності комплексу комфортних умов сучасним європейським та українським стандартам, для кожної точки на рис. 3 визначені показники PMV/PPD [6]. Значення показників PMV/PPD для найменшого значення t_B із комфортного діапазону знаходиться в межах $5,1 \text{ } \%/0,05 - 5,3 \text{ } \%/0,11$, а для найбільшого – $9,7 \text{ } \%/0,48 - 10,7 \text{ } \%/0,52$. Отже забезпечення нижчого значення комфортної t_B відповідно до [6] спричиняє кращі відчуття комфорту, ніж вищі значення t_B . Для зменшення витрат енергії на опалення приміщень в умовах відчуття комфорту приймається найменше значення t_B із допустимого діапазону.

Розрахунок потужності джерела тепла проводиться для комфортної температури повітря, що відповідає $t_3 = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ і змінюється у наступному ряді $23, 22, 22 \text{ }^\circ\text{C}$, для теплового захисту Пр.1, Пр.2, Пр.3 відповідно. Комфортна температура при визначенні енергоспоживання за опалювальний період представлена наступним рядом $22, 21, 21 \text{ }^\circ\text{C}$ для Пр.1, Пр.2, Пр.3 відповідно. Для розрахунку середнього енергоспоживання та

потужності приладів опалення згідно з чинними нормативами t_b приймається рівною $20\text{ }^\circ\text{C}$, проте у даній роботі температура внутрішнього повітря приймається вищою, що відповідає комплексу комфортних умов та спричиняє зростання енергоспоживання. Уточнення комплексу комфортних умов за рахунок визначення t_R за методом 2 спричиняє зменшення споживання енергії у порівнянні із традиційним підходом при визначенні комфортних умов, де $t_R = t_b$, оскільки t_b зменшується в середньому на $1\text{ }^\circ\text{C}$.

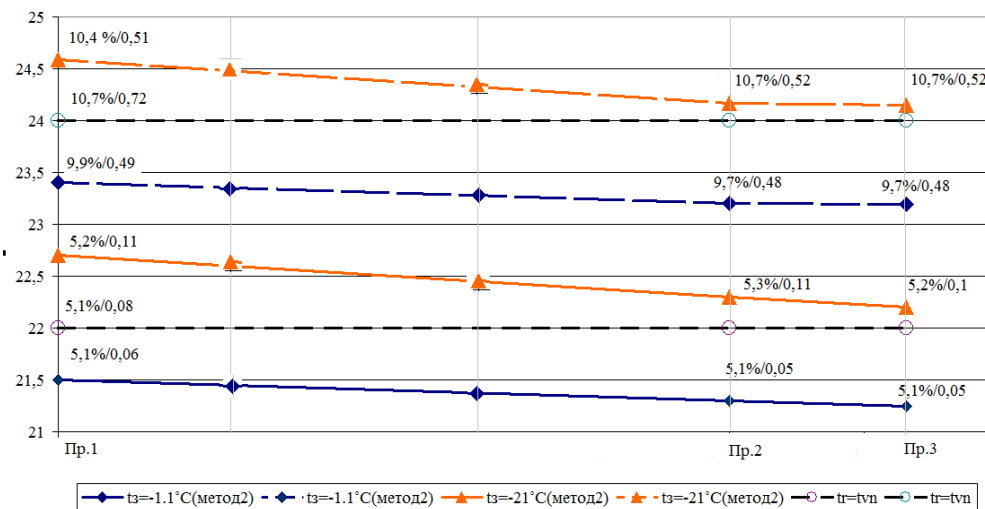


Рис. 2 Діапазон комфортної температури та значення PMV/PPD

Інтегральна вартість для моделі дослідження із різними джерелами тепла визначається наступним чином [9]:

$$B = \left(\sum_{t=0}^n \frac{B_t^{\text{обслг}}}{(1+E)^t} + \sum_{t=0}^n \frac{B_t^{\text{енерг}} (1+k)^t}{(1+E)^t} \right) + I_0 + I_{i3} + I_{co}, \quad (4)$$

де B – інтегровані дисконтовані витрати на систему, грн;

$B_t^{\text{енерг}}$ – річні витрати енергоносіїв, кВт·год;

$B_t^{\text{обслг}}$ – інші затрати, грн;

I_{i3} – витрати на покращення теплового захисту огорожень, грн;

n – термін на який проводиться розрахунок, роки;

I_0 – капітальні затрати на придбання теплогенеруючого обладнання, грн;

k – коефіцієнт приросту цін на енергоносії;

E – ставка дисконтування, приймається рівною 22 %, станом на 25.09.2015 р;

I_{co} – витрати на систему опалення, грн.

Всі дані щодо аналізу цін на джерело тепла, вартість енергоносіїв занесені у табл.1. Коефіцієнти щодо зміни цін на електричну енергію розраховані відповідно до діючих нормативних документів. Прогнози щодо зміни цін на газ є оптимістичними, тобто щорічний коефіцієнт приросту становить 0,5, середніми – 1 (прийнято в даній роботі), та песимістичними – 2. Значення k розраховано на основі даних [9].

Витрати на покращення теплоізоляційних характеристик огорожувальних конструкцій визначаються за наступним співвідношенням:

$$I_{із} = \sum_i (A_{i_t} + B_{i_t}) \cdot F_i \cdot \lambda \cdot R_{із} + \sum_j (A_{j_t} + B_{j_t} \cdot R_j) \cdot F_j, \quad (5)$$

де A_i, A_j – визначають вартість встановлення ізоляції, вікон чи дверей, $\frac{\text{грн}}{\text{м}^3}, \frac{\text{грн}}{\text{м}^2}$;

B_i – враховує вартість ізоляційного матеріалу, $\frac{\text{грн}}{\text{м}^3}$;

B_j – враховує вартість вікон, приведену до опору теплопередачі, $\frac{\text{грн} \cdot \text{Вт}}{\text{м}^4 \cdot \text{°C}}$;

λ – теплопровідність ізоляційного матеріалу, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$.

Для аналізу обрано екструдований полістирол, характеристики якого наступні:
 $\lambda = 0,039 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}, A_1 = 30 \frac{\text{грн}}{\text{м}^3}, B_1 = 300 \frac{\text{грн}}{\text{м}^3}$. Для вікон: $A_2 = 80 \frac{\text{грн}}{\text{м}^2}, B_2 = 1700 \frac{\text{грн} \cdot \text{Вт}}{\text{м}^4 \cdot \text{°C}}$.

Таблиця 1

Характеристики джерел тепла

Характеристики	Енергетична ефективність	Вартість встановленої потужності, грн./кВт.	Інші витрати грн.	Коефіцієнт приросту цін на енергоносії	Вартість енергоносія станом на 1.10.2015
Джерело тепла					
Централізоване тепlopостачання				1	537,2 $\frac{\text{грн}}{\text{Гкал}}$
Автономний газовий котел	0,85	600	40	1	3,66 $\frac{\text{грн}}{\text{м}^3}$
Електричний котел	0,97	580	30	0,54	0,456 $\frac{\text{грн}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$
Тепловий насос	2	7800	20		

На основі даних із табл. 1 для різних альтернатив розраховано споживання первинної енергії за опалювальний період. Коефіцієнти для розрахунку споживання первинного палива взяті із [10]. Результати розрахунків представлені на рис. 3. Отже найвище споживання первинного палива характерне для системи із електричним котлом, а найнижче – для системи з автономним газовим котлом, зростання опору теплопередачі огорожувальних конструкцій зменшує споживання первинного палива.

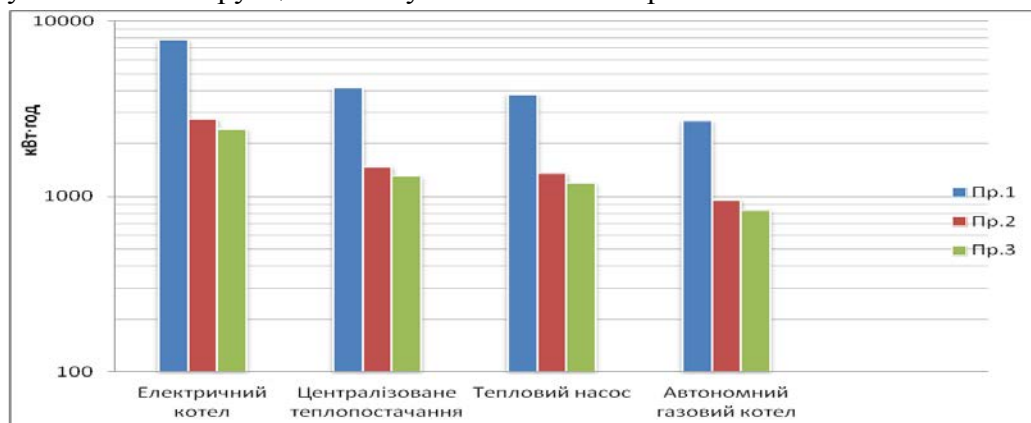


Рис.3. Споживання первинного палива різними джерелами тепла при різних варіантах термічного опору огорожувальних конструкцій: Пр.1 Термічний опір відповідає нормам 80-их років, Пр.2 – відповідає сучасним нормам, Пр.3 – покращений на 20 %.

На рис. 4 показана інтегрована вартість опалення для різних джерел тепла при різних варіантах термічного опору огорожувальних конструкцій, глибина розрахунку 10 років. Інтегрована вартість найнижча для системи із ТПУ, а найвища для централізованого теплопостачання та автономного газового котла, що обумовлено вищими тенденціями росту цін на газ у порівнянні із електричною енергією.

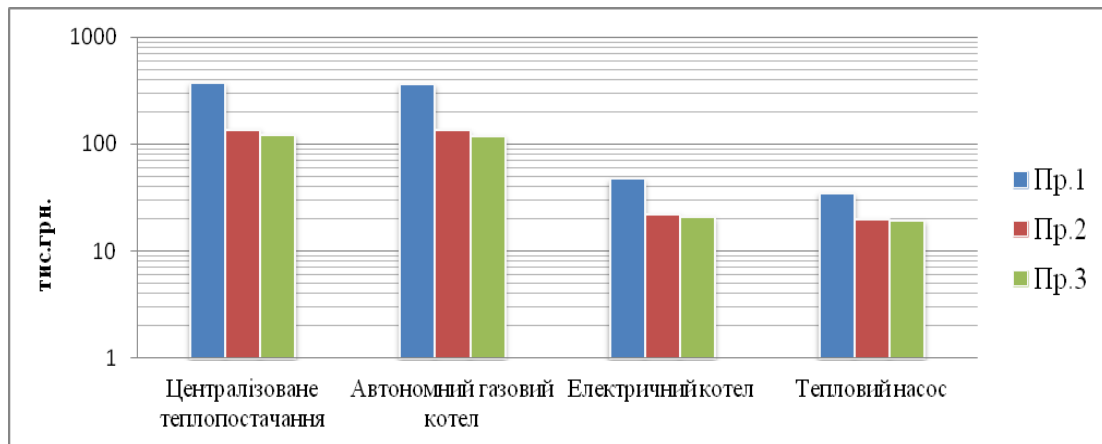


Рис. 4. Інтегрована вартість опалення для різних джерел тепла при різних варіантах термічного опору огорожувальних конструкцій, глибина розрахунку 10 років

Відносне зростання споживання первинного палива системи джерело тепла – огорожувальні конструкції для забезпечення комфортних умов рівне 4,52, 3,41, 3,72 для Пр.1, Пр.2 та Пр.3 відповідно та для різних джерел тепла практично не змінюється. Розрахунки проводилися для моделі з базовим варіантом $t_b=20\text{ }^\circ\text{C}$.

Чутливість функції інтегрованих витрат до параметрів моделі представлена у таблиці 2. Для розрахунку чутливості базовою моделлю є будівля тепловий захист якої відповідає нормативам 80-х років, а інші параметри приймаємо на рівні: $n=10$ років, $k=1$ для автономного газового котла та централізованого теплопостачання, та $k=0,54$ для систем, що споживають електричну енергію, $E=0,22$, $R=1,91$ (сумарний термічний опір зовнішніх огорожувальних конструкцій).

Таблиця 2

Чутливість функції інтегрованих витрат до параметрів моделі

Джерело	n , роки	k	E	t_b	R
Автономний газовий котел	6,4	36,9	-1,056	1.54	-0,2
Електричний котел	2,8	33,6	-0,895	1.52	-0,17
Тепловий насос	1,9	22,5	-0,703	1.19	-0,13
Централізоване теплопостачання	6,4	37.1	-1,059	1.55	-0,2

Отже найвищий вплив на інтегровану вартість системи має коефіцієнт приросту цін на енергоносії. Вплив k на B є вищим для тих систем, що споживають газ у порівнянні з електричними, це обумовлено вищими тенденціями росту цін на газ. Зменшення впливу показників на B представлено наступним рядом n, t_{b1}, E, R .

Висновки. У роботі запропонований алгоритм вибору джерела тепла та огорожувальних конструкцій будівлі із врахуванням комплексу комфортних умов. У моделі враховується середня радіаційна температура приміщення, що залежить від

теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій та середнє надходження сонячної радіації; дана модель дозволяє врахувати зміну вартості енергоносіїв у часі; енергоефективність різноманітних джерел тепла. Врахування комплексу комфортних умов забезпечує створення будівель із належними умовами перебування людини, і обумовлює відносне зростання споживання первинного палива та інтегральної вартості системи джерело тепла – огорожувальні конструкції. Для визначення комфортних умов перебування людини розроблено методику розрахунку радіаційної температури на базі ефективних потоків внутрішніх поверхонь огорожень. Уточнення моделі комфортних умов за рахунок радіаційної температури спричиняє зменшення споживання енергії у порівнянні із традиційним підходом при визначенні комфортних умов. Проаналізовано споживання первинного палива та інтегральну вартість системи джерело тепла – огорожувальні конструкції. Найвище споживання первинного палива характерне для системи із електричним котлом, а найнижче – для системи з газовим котлом. Інтегрована вартість найнижча для системи із ТПУ, а найвища для централізованого теплопостачання та автономного газового котла, що обумовлено вищими тенденціями росту цін на газ у порівнянні із електричною енергією.

Подальші дослідження полягатимуть в аналізі показників складної системи джерело тепла – людина – огорожувальні конструкції будівлі, та використанні експертних оцінок для вибору найкращої альтернативи.

Список використаних джерел

1. Карий О. І. Методика вибору оптимальних заходів з енергозбереження в житлово-комунальному господарстві / О. І. Карий. // Економіка, Фінанси, Право. – 2014. – №2. – С. 13–17.
2. Дзядикевич, Ю. В. Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження / Ю. В. Дзядикевич, М. В. Буряк, Р. І. Розум // Інноваційна економіка. – 2011. – № 2. – С. 119–122.
3. Никитин, Е. Е. Оптимизация выбора энергоэффективных проектов модернизации систем теплоснабжения в условиях финансовых ограничений/ Е. Е. Никитин // Проблемы загальної енергетики. –2011. – № 3. – С. 25-31.
4. Малинська Л. В. Оптимізація розподілу інвестиційного капіталу за енергоефективними компонентами / Л. В. Малинська, С. М. Малинський. // Економіка і регіон. – 2012. – №4. – С. 172–178.
5. Ратушняк Г.С, Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель / Г.С Ратушняк, О.Г. Ратушняк. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106 с.
6. Fanger P. O. Assessment of man's thermal comfort in practice // British Journal of Industrial Medicine. – 1973. – №30. – С. 313–324.
7. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление: Учеб. Для вузов. – М.: Стройиздат, 1991. – 735 с.
8. Wai Leung Tse. A distributed sensor network for measurement of human thermal comfort feelings / Wai Leung Tse, Wai Lok Chan. // Sensors and Actuators. – 2008. –V. 144. – P. 394–402.

9. Дешко В. І. Показники опалення будівель і температурні умови комфортності / В. І. Дешко, Н. А. Буяк. // Промышленная теплотехника. – 2010. – №1. – С. 66–70.

10. Дешко В.І. Енерго- і ексергоефективність систем тепlopостачання будівлі. / В.І. Дешко, Н. А. Буяк., І.С. Долгополов, І.С, Тучин В.Т // Энергетика економіка, технології, екологія. – 2009. – №2. – С.32–41.

References

1. Karyi O. I. (2006). Metodyka vyboru optymalnykh zakhodiv z enerhozberezhennia v zhytlovo-komunalnomu hospodarstvi [Methods of selecting optimal energy efficiency measures in housing]. Ekonomika, Finansy, Pravo – Business, Finance , Law, 2, 13–17 [in Ukrainian].

2. Dziadykevych, Yu. V. (2011). Metody otsinky efektyvnosti investytsii v enerhozberezhennia [Methods for assessing the effectiveness of investments in energy efficiency]. Innovatsiina ekonomika – Innovative Economy, 2, 119–122 [in Ukrainian].

3. Nikitin, Ye. Ye. (2011). Optimizatsiya vzbora energoeffektivnykh proektov modernizatsii sistem teplosnabzheniya v usloviyakh finansovykh ogranicheniy [Optimizing selection of energy-efficient projects of modernization of heating systems in terms of financial constraints]. Problemy zahalnoi enerhetyky – Problems of Energy, 3, 25–31 [in Ukrainian].

4. Malynska L. V. (2012) Optymizatsiia rozpodilu investytsiinoho kapitalu za enerhoefektyvnymy komponentamy [Optimizing distribution of investment capital for energy efficient components]. Ekonomika i rehion – Economy and region, 4, 172–178 [in Ukrainian].

5. Ratushniak H.S. (2006) Upravlinnia proektamy enerhozberezhennia shliakhom termorenovatsii budivel [Project management of energy saving buildings by termorenovation]. Vinnytsia: VNTU [in Ukrainian].

6. Fanger P. O. Assessment of man's thermal comfort in practice (1973). British Journal of Industrial Medicine, 30, 313–324 [in English].

8. Bogoslovskiy V.N. (1991) Otoplenie [Heating]. Moskva: Stroiyzdat [in Russian].

9. Wai Leung Tse, Wai Lok Chan. (2008) A distributed sensor network for measurement of human thermal comfort feelings. Sensors and Actuators, 144, 394–402 [in English].

10. Dешко V. I., Buiak N. A. (2010) Pokaznyky opalennia budivel i temperaturni umovy komfortnosti [Indicators heating buildings and temperature comfort conditions]. Promyshlennaya teplotekhnika – Industrial heat engineering, 4, 66–70 [in Ukrainian].

11. Dешко V. I., Buiak N. A., Dolhopolov I.S., Tuchyn I.S (2009) Enerho- i ekserhoefektyvnist system teplopостачання budivli [Energy and exergy efficient]. Enerhetyka ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia – Energy economics , technology , ecology. , 2, 32–41 [in Ukrainian].

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ВЫБОРУ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ И ИСТОЧНИКА ТЕПЛА С УЧЕТОМ КОМФОРТНЫХ УСЛОВИЙ В ЗДАНИИ

ДЕШКО В.И., БУЯК Н.А., БИЛОУС И.Ю.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

Цель. Разработка и изучение возможностей алгоритма для комплексного выбора тепловой защиты и источника тепла с учетом комфортных условий в здании.

Методика. В процессе исследования к зданию применялся метод энергетического и экономического анализа.

Результаты. В ходе исследования сложной системы источник тепла – человек – ограждающие конструкции здания, предложен и проанализирован алгоритм выбора оптимальных параметров. Проанализированы различные подходы к определению средней радиационной температуры и предложена методика, которая учитывает собственный теплообмен ограждающих конструкций тепловым излучением и солнечной радиацией.

Научная новизна. Предложенный алгоритм выбора источника тепла и оптимальной тепловой защиты здания с учетом комплекса комфортных условий. Разработана и проанализирована целесообразность использования методики определения радиационной температуры на базе эффективных потоков внутренних поверхностей ограждений для системы источник тепла – человек – ограждающие конструкции здания.

Практическая значимость. Представленный алгоритм позволит проектировать здания с низким потреблением энергии и комфортными условиями пребывания человека.

Ключевые слова: *энергоэффективное здание, комфортные условия, радиационная температура помещения, первичная энергия здания, интегрированная стоимость отопления.*

COMPREHENSIVE CHOICE OF BUILDING ENVELOPE AND THE HEAT SOURCES, TAKING INTO ACCOUNT THE COMFORT CONDITIONS IN BUILDINGS

DESHKO V., BUYAK N., BILOYS I.

National technical university of Ukraine "KPI"

Purpose. Development and study the possibilities of the algorithm for a comprehensive selection of the building envelope and the heat sources, taking into account human comfort.

Methodology. To the building were applied the methods of energy analysis, economic analysis.

Findings. During the study of complex systems of the heat source – a man – the building envelope is proposed and analyzed the algorithm of selection of the optimal parameters. There are analyzed different approaches to determine the average radiation temperature and there is offered the method, which takes into account its own heat radiation of building envelope and solar radiation.

Originality. There is proposed an algorithm for selecting optimal heat source and heat protection of buildings, taking into account human comfort. There is developed and analyzed the expedience of using methods for determining the radiation temperature at the effective flow of internal surfaces for the system heat source – a man – building envelope.

Practical value. The submitted algorithm allows to design buildings with low energy consumption and comfort conditions of human being.

Keywords: *building energy efficient, human comfort, radiation room temperature, primary energy.*