

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 658.264

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ
ТЕРМОМОДЕРНІЗОВАНИХ БУДІВЕЛЬ

С. С. Титар, В. В. Кандеєва, Д. В. Зайцев

В статті проведено аналіз функціонування комбінованої системи теплопостачання будівлі після його термомодернізації. Розроблено концептуальну схему комбінованого теплопостачання для виявлення частки заміщення тепла в системі від різних джерел теплової енергії. Визначивши кліматичні діапазони ефективного використання різних джерел тепла, на прикладі котеджу, за даними кліматології були проведені розрахунки режимів роботи комбінованої системи теплопостачання.

Ключові слова: теплопостачання, теплообмін, коефіцієнт теплопередачі, термічний опір, джерело тепла, температура.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ
ТЕРМО МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ЗДАНИЙ

С. С. Титар, В. В. Кандеева, Д. В. Зайцев

В статье проведен анализ функционирования комбинированной системы теплоснабжения здания, после его термомодернизации. Разработана концептуальная схема комбинированного теплоснабжения, для выявления доли замещения тепла в системе от различных источников тепловой энергии. Определив климатические диапазоны эффективного использования различных источников тепла, на примере коттеджа, по данным климатологии были проведены расчеты режимов работы комбинированной системы теплоснабжения.

Ключевые слова: теплоснабжение, теплообмен, коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление, источник тепла, температура.

ANALYSIS OF EFFICIENCY COMBINED HEATING THERMOUPGRADED BUILDINGS

S. Tytar, V. Kandyeyeva, D. Zaitsev

The article analyzes the operation of the combined heat supply system of the building, after thermo. A conceptual diagram of a combined heating, to identify the proportion of replacement of heat in the system from a variety of sources of heat. Having determined climatic ranges of effective use of a variety of heat sources on the example of houses, according to climatology were calculated modes of operation of the combined heat supply system.

Keywords: heating, heat transfer, heat transfer coefficient, thermal resistance, heat source, temperature.

Вступ

Вагома частка споживання енергоресурсів України припадає на приватний сектор. В останні роки різко зросла актуальність використання альтернативних природному газу джерел енергії на потреби теплопостачання. Поширена установка пелетних котлів, електричних котлів на нічний тариф, геліосистем, використання кондиціонерів в режимі теплового насоса.

Використання перерахованих рішень може скоротити витрати на енергоресурси проте необхідно комплексно підходити до вирішення питання теплопостачання враховуючи економічний чинник.

Для цього необхідно провести аналіз зазначених рішень для приватних будинків малої поверховості (1-2 поверхи) і визначити оптимальне, з погляду мінімізації витрат, участь джерел в комбінованому теплопостачанні будинку.

Метою роботи є розробка концептуальної схеми комбінованого теплопостачання

приватного будинку і визначення зони ефективного застосування альтернативних джерел тепlopостачання, після термомодернізації будівлі.

Виклад основного матеріалу

Інструментом, що дозволяє зменшити питомі норми витрат палива на вироблення теплової енергії, норм запасу палива і норм технологічних втрат теплової енергії, є термомодернізація.

Термомодернізація будівель включає в себе виконання комплексу обов'язкових заходів:

- Утеплення огорожувальних конструкцій.
- Установку енергоефективних вікон і дверей.
- Модернізація систем опалення, вентиляції та кондиціонування будівлі.
- Організація якісного моніторингу споживання тепла.

В ході проведення енергетичного обстеження найчастіше виявляються найбільш гострі проблеми будови. Один із перших заходів при аналізі якості огорожувальних конструкцій - це тепловізійна зйомка. Вона дозволяє, за допомогою тепловізора, наочно проаналізувати якість, з погляду теплоізоляційних здібностей, огорожувальних конструкцій. Тепловізор фіксує на моніторі невидиме людському оку теплове, інфрачервоне випромінювання. Після отримання подібної інформації є можливість проаналізувати наскільки потрібно утеплити стіни будівель і які підібрати вікна.

При використанні додаткової ізоляції стін слід враховувати фактори, що впливають на якість і властивість стін.

Для утеплення стін найбільш часто використовують наступні матеріали:

- Мінеральна вата ($P = 140 \text{ кг / м}^3$, $\lambda = 0,045 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$);
- Пінополістирол ($P = 50 \text{ кг / м}^3$, $\lambda = 0,044 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$).

Одна із складових частин термомодернізації, це заміна старих вікон на нові, енергоефективні та сучасні. При заміні вікон треба відзначити, що основним критерієм якості вікна є термічний опір вікна, мінімальний показник повинен бути (по ДБН В.2.6-31-2006 зм.1) $R_{\text{вік.ДБН}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К / Вт}$.

Для аналізу ефективності роботи системи комбінованого тепlopостачання було проведено розрахунок теплових втрат приватного будинку розташованого в м Одеса житловою площею $S = 323 \text{ м}^2$, кількістю мешканців 4 людини і сумарними тепловими втратами $Q_{\Sigma} = 38,4 \text{ кВт}$. Матеріал стін - ракушняк, з товщиною $\delta_{\text{ст.}} = 760 \text{ мм}$ и $\lambda_{\text{ст.}} = 0,73 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$, тоді термічний опір стіни без урахування теплоізоляції $R_{\text{ст.}} = 0,97 \text{ м}^2 \cdot \text{К / Вт}$, по залежності (1), а вікна встановлені нові з $R_{\text{вік.ДБН}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К / Вт}$:

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{ізол}}}{\lambda_{\text{ізол}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (1)$$

Слід зазначити, що мінвата більше по щільності в 2,8 рази, ніж пінополістирол, що володіє такими ж термічними властивостями.

Знаючи коефіцієнт термічного опору стін, по залежності (2), обчислимо питомі тепловтрати приміщення, $q_{\text{пит.}} = 118,9 \text{ Вт / м}^2$.

$$q_{\text{пит.}} = \frac{Q_{\Sigma}}{S} \quad (2)$$

Додавши, на зовнішню стіну ізоляції товщиною $\delta_{\text{ізол.}} = 50 \text{ мм}$, спираючись на залежність (1), отримаємо:

- Мінеральна вата (50 мм), $R_{\text{ст.}} = 2,23 \text{ м}^2 \cdot \text{К / Вт}$;
- Пінополістирол (50 мм), $R_{\text{ст.}} = 2,25 \text{ м}^2 \cdot \text{К / Вт}$.

Показник ефективності термічного опору стіни покращився, оскільки питомі тепловтрати зменшилися на 20,4 %, $q_{\text{пит.}} = 94,7 \text{ Вт / м}^2$.

Так як мінімально допустиме значення, для другої кліматичної зони, (по ДБН В.2.6-31-2006 зм.1) термічного опору стін $R_{\text{ст.ДБН}} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К / Вт}$, то для нашого прикладу хв. товщина теплової ізоляції повинна бути $\delta_{\text{ізол.}} = 100 \text{ мм}$, тоді по залежності (1):

- Мінеральна вата (100 мм), $R_{\text{ст.}} = 3,34 \text{ м}^2 \cdot \text{К / Вт}$;

- Пінополістирол (100 мм), $R_{ст.} = 3,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Показник ефективності термічного опору стіни покращився, оскільки питомі тепловтрати зменшилися на 28,2 %: $q_{питт.} = 85,4 \text{ Вт} / \text{м}^2$.

Результати розрахунків наведено в табл. 1 і на рис. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків термічного опору стіни

Матеріал ізоляції	$R_{ст.}, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$	$R_{ст.}, \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ (по ДБН В.2.6-31-2006 Изм.1)	$q_{питт.}, \text{ Вт} / \text{м}^2$
не враховано	0,97	2,8	118,9
Мін. вата 50мм.	2,23	2,8	94,7
Пінополістирол 50мм	2,25	2,8	94,9
Мін. вата 100мм.	3,34	2,8	85,4
Пінополістирол 100мм	3,39	2,8	85,6

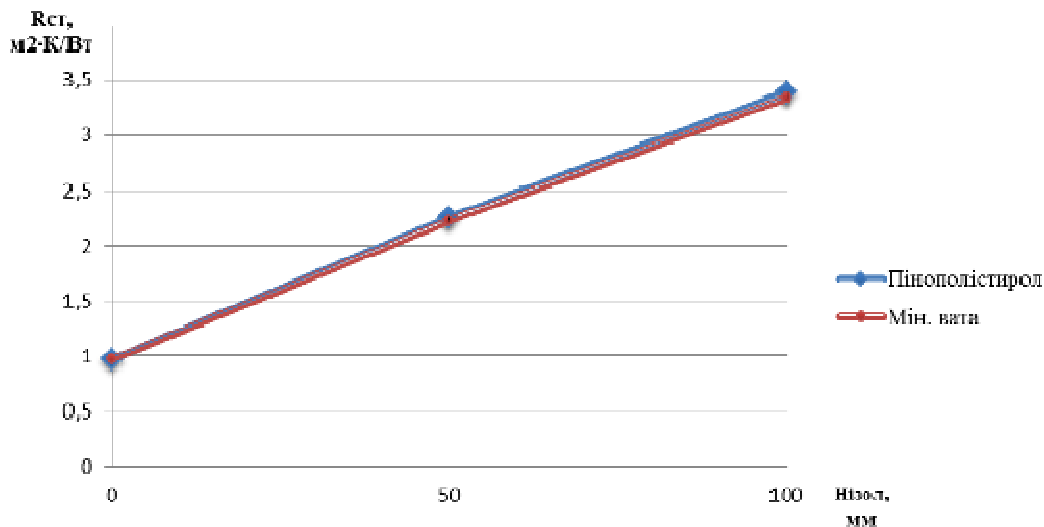


Рисунок 1 – Порівняння зміни термічного опору стіни, в залежності від типу і товщини ізоляції

Для забезпечення потреб тепла в приватному будинку була розроблена Принципова схема комбінованого теплопостачання (рис. 1), яка може бути адаптована до різних умов експлуатації, в різній комплектації.

Дана схема складається з 4-х джерел тепла:

- Газовий конденсаційний котел;
- Пелетний котел;
- Електричний котел;
- Геліосистема;

Додатково можливо використовувати тепловий насос (побутовий кондиціонер з функцією обігріву).

Комбінація даного обладнання дозволяє економічно вигідно експлуатувати систему теплопостачання. Газовий конденсаційний котел вигідно експлуатувати в межах 200 м³ споживання газу на місяць, так як при використанні газу для індивідуального опалення або комплексного споживання (комплексне споживання включає опалення, приготування їжі та підігріву води):

в період з 1 травня по 30 вересня - 7,188 грн. за 1 м³, з НДС;

в період з 1 жовтня по 30 квітня:

- за обсяг, спожитий до 200 м³ природного газу на місяць - 3,600 грн. за 1 м³, з НДС;
- за обсяг, спожитий понад 200 м³ природного газу на місяць - 7,188 грн. за 1 м³, з НДС.

Для можливості використання нічного тарифу на електроенергію для акумулювання тепла встановлений бак-акумулятор, адже за нічним тарифом електроенергія коштує дешевше ніж газ.

Цей пристрій також дозволяє безпечно експлуатувати твердопаливний (пелетний) котел на вугіллі і дровах, при критичних температурах навколишнього середовища, щоб не вийти за межу споживання газу.

Також використовується тепловий насос (побутовий кондиціонер з функцією обігріву), який також споживає електроенергію. Ефективність теплового насоса різко зменшується при падінні температури нижче -5°C .

Приготування гарячої води здійснюється в бівалентному водонагрівачі-акумуляторі (бойлері). Основну потужність протягом року покриває геліосистема. Традиційні джерела тепла компенсують недолік геліосистеми на приготування гарячої води.

У даній системі комбінованого теплопостачання має бути система автоматизації, яка дозволить регулювати теплове навантаження.

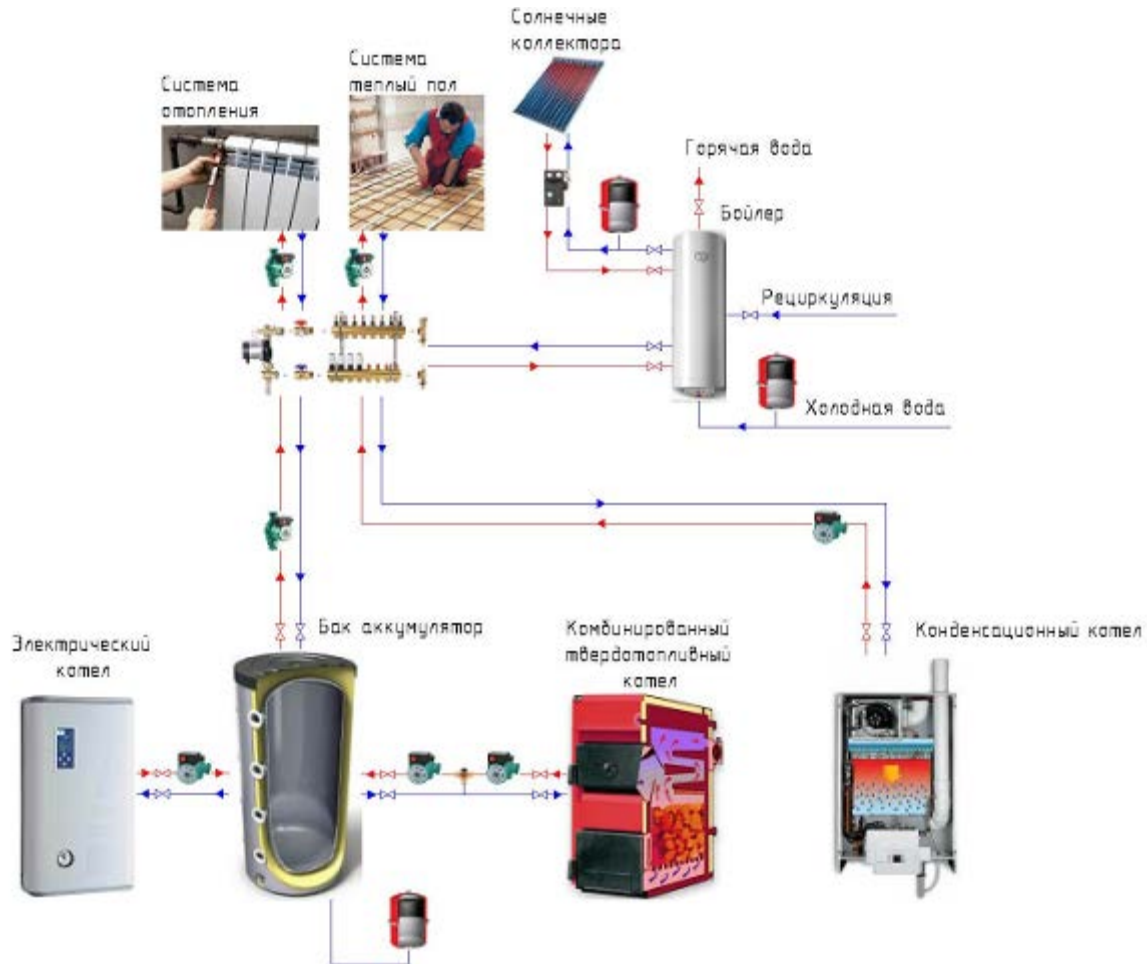


Рисунок 2 – Принципова схема комбінованого теплопостачання
Аналіз джерел тепла.

Проведений в роботі аналіз використаних джерел тепла показав зони ефективної роботи їх в комбінованій системі теплопостачання:

- Газовий конденсаційний котел використовується в пікові режими роботи – (при низьких температурах зовнішнього повітря) при цьому місячна витрата газу не повинна перевищувати 200 м^3 .

- Пелетний котел може використовуватися при витратах більш ніж 200 м^3 газу на місяць як основне джерело тепла.

- Електричний котел використовується для опалення по нічному пільговому тарифу, виходячи з технічних можливостей будівлі (потужність електроенергії на ввіді будівлі і площа для розміщення бака-акумулятора).

- Геліосистема застосовується виключно для підігріву гарячої води, з можливістю скидання залишків тепла в систему «тепла підлога», для більш ефективного використання енергії сонця застосовується бойлер попереднього нагрівання.

- Теплові насоси – використання існуючих кондиціонерів в режимі теплових насосів при температурах зовнішнього повітря вище $\ll -5^{\circ}\text{C}$.

Приклад розрахунку

Для аналізу ефективності роботи системи комбінованого теплопостачання було проведено розрахунок добового споживання енергоносіїв для приватного будинку розташованого в м. Одеса загальною площею 323 м² і кількістю жителів 4 людини. При розрахунку були використані дані по кліматології за опалювальний період 2014 - 2015 року.

Спираючись на середню температуру за місяць, була визначена середньомісячна потужність котельні $Q_{\text{ср.міс.}}$, по залежності (3):

$$Q_{\text{ср.міс.}} = Q_{\Sigma} \times \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^p} \quad (3)$$

Знаючи необхідне місячне споживання енергії, можливо розрахувати витрати енергоносіїв, по залежності (4), якщо використовувати тільки одне джерело енергопостачання, або використовуючи їх в комбінації:

$$B = \frac{Q_{\Sigma}}{Q_p^n \times \eta} \quad (4)$$

Знаючи витрату палива і діючі тарифи було знайдено кількість витрат на експлуатацію системи теплопостачання.

Дані розрахунку представлені в таблиці 2 і 3.

Таблиця 2 – Витрата енергоносіїв при різних джерелах тепла

Джерело тепла	Енергоносіїв	Од. вим.	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	за період
Традиційна система теплопостачання								
Газ		м ³	1465,30	1541,71	1937,36	1492,59	1563,54	8000,50
Ел.енерг.		кВт×ч	14327,40	14487,49	18356,15	14594,21	15287,90	77053,15
Пелети		кг	3907,47	3951,13	5006,22	3980,24	4169,43	21014,50
Дрова		кг	3125,98	3160,91	4004,98	3184,19	3335,54	16811,60
Комбінована система теплопостачання								
Газ	газ	м ³	273,11	245,85	269,05	265,57	271,37	1324,95
Тепловий насос	електроенергія	кВтч	2932,18	2639,59	1114,35	2851,25	1992,14	11529,51
Акум.	електроенергія	кВтч	1613,17	2087,08	4550,02	1761,80	2715,85	12727,91
Пелети	пелет	грн	340,18	726,74	1267,93	458,72	541,19	3334,75

Таблиця 3 – Вартість витрат на енергоресурси системи теплопостачання

Джерело тепла	Енергоносіїв	Од. вим.	Листопад	Грудень	Січень	Лютий	Березень	за період
Традиційна система теплопостачання								
Газ		грн	10520,87	11069,45	13910,28	10716,79	11226,18	57443,57
Ел.енерг.		грн	13689,83	13842,79	17539,30	13944,77	14607,59	73624,29
Пелети		грн	9768,68	9877,83	12515,56	9950,60	10423,57	52536,24
Дрова		грн	7502,35	7586,17	9611,95	7642,06	8005,30	40347,83
Комбінована система теплопостачання								
Газ	газ	грн	983,19	885,08	968,57	956,05	976,92	4769,81
Тепловий насос	електроенергія	грн	2140,49	1926,90	813,48	2081,41	1454,26	8416,54
Акум.	електроенергія	грн	580,74	751,35	1638,01	634,25	977,71	4582,05
Пелети	пелет	грн	850,44	1816,85	3169,82	1146,80	1352,97	8336,88
ВСЬОГО		грн						26105,28

Висновки

- Проведено аналіз теплової ефективності термомодернізації будівлі.
- Визначено найбільш ефективні зони експлуатації для різних джерел тепла.
- Розроблено принципову схему комбінованої системи теплопостачання з використанням акумуляторів тепла.
- Отримані результати розрахунку для приватного будинку підтверджують доцільність застосування комбінованої системи теплопостачання з використанням акумулятора тепла на нічний тариф електроенергії.

Використана література

1. Закон України про енергозбереження: №74/94 від 1.07.1994 р.// Закони України. – Київ, 1997. – Т.7. – С. 281-291.
2. Щегольков А. В. Проблемы потребления и экономии тепловой энергии в жилом фонде [Текст] / А. В. Щегольков, М. А. Мишин // Ползуновский вестник. – №1. – 2011. – 257-265 с.
3. Постанова кабінету міністрів «Про стимулювання споживачів природного газу і теплової енергії до переходу на електричне опалення та гаряче водопостачання» від 9.07.2014.
4. Денисова А. Е. Аккумулятивное энергоснабжение в геосистемах теплоснабжения [Текст] / А. Е. Денисова // Эко-технологии и ресурсосбережение. – 2002. – № 2. – С. 9-14.
5. Бабаев Б. Д. Сравнительные характеристики различных типов аккумуляторов тепла, перспективное направления разработок новых методов и устройств для аккумуляции тепловой энергии. [Текст] / Бабаев Б. Д. // «Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов» Доклады ведущих специалистов, Махачкала 2013. – С. – 125-137.
6. Бродянский, В. М. Доступная энергия земли и устойчивое развитие систем жизнеобеспечения. Часть 1. Эффективность искусственных систем [Текст] / В. М. Бродянский// Технические газы. – 2011. – № 2. – С. 48-65.
7. Luescher, M. Temperature distribution in karst systems: the role of air and water fluxes / M. Luescher and P-Y. Jeannin // Terra Nova. – 2004. – № 16. – P. 344-350.
8. Климчук О. А. Альтернативні системи теплопостачання житлових будівель із використанням теплових насосів та акумуляторів тепла [Текст] / Климчук О. А., Титар С. С., Шевчук В. І., Димитров О. Д. // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції магістрантів та науковців «Управління проектами: інновації, не лінійність, синергетика». Одеська державна академія будівництва та архітектури. 12-13 грудня 2014. – Том 2. – С. 102-105.

Титар С. С. – к.т.н., професор, Одеський національний політехнічний університет.

Кандеева В. В. – к.е.н., доцент, Одеський національний політехнічний університет.

Зайцев Д. В. – аспірант, Одеський національний політехнічний університет.

Титар С. С. – к.т.н., профессор, Одесский национальный политехнический университет.

Кандеева В. В. – к.э.н., доцент, Одесский национальный политехнический университет.

Зайцев Д. В. – аспирант, Одесский национальный политехнический университет.

Tytar S. – ph.d., professor, odessa national polytechnic university.

Kandyeyeva V. – ph.d., associate professor, odessa national polytechnic university.

Zaitsev D. – graduate student, odessa national polytechnic university.