УДК 697.92

ТЕПЛОПРОВІДНА ВАРТІСТЬ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

О. Т. Возняк, доктор технічних наук, професор

Національний університет «Львівська політехніка»

Н. А. Сподинюк, кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

І. Є. Сухолова,, кандидат технічних наук, асистент

О. М. Довбуш, старший викладач

Національний університет «Львівська політехніка»

E-mail: n_spoduniuk@meta.ua

Анотація. *Представлені результати теоретичних досліджень досягнення максимального ефекту при визначенні економічно доцільного рівня теплозахисту будинків. Він повинен бути оптимальним як в теплотехнічному, так і в економічному відношенні. показником чого служать приведені затрати. Наведено графічні та аналітичні залежності. Результатами досліджень обґрунтовано отримання максимального ефекту при застосуванні різних теплоізоляційних матеріалів.*

Метою роботи є підвищення ефективності енергоощадних заходів, досягнення зниження їх вартості за рахунок оптимізації у співвідношенні вартості теплової енергії та теплоізоляційних матеріалів, визначення критерію оптимізації та обґрунтування вибору оптимального теплоізоляційного матеріалу і його товщини, та визначення оптимального термічного опору, виявлення шляхів підвищення ефективності енергоощадності на перспективу та обґрунтування методики розрахунку.

Розглянуто один із найпоширеніших термореноваційних заходів, а саме утеплення зовнішніх стін. Проведено економічну оцінку, що є важливим чинником певної енергоощадної пропозиції. Представлено розв'язок поставленої задачі, який включає в себе дві стадії. Результатом на першій стадії є вибір оптимального матеріалу ізоляції. Друга стадія – це обгрунтування економічно доцільної товщини теплоізоляційного матеріалу. Отримані результати дають змогу досягнути підвищення ефективності енергоощадності при термореновації будинків як в енергетичному, так і в економічному аспектах. Представлено результати математичного обґрунтування важливості такого чинника, як теплопровідна вартість теплоізоляційних матеріалів при оптимізації їх товщини.

Ключові слова: ***теплоізоляційні матеріали, капіталовкладення, питомі інвестиції, енергоощадність, приведені затрати, теплопровідна вартість, питома теплопровідна вартість***

Актуальність. Стан повітряного середовища в житлових, адміністративних та виробничих приміщеннях характеризується мікрокліматичними параметрами, які підтримуються системами опалення та вентиляції. Комфортні параметри мікроклімату визначаються температурою внутрішнього повітря та вологістю [1, 2]. Нормовані параметри мікроклімату повинні бути забезпечені у робочій або обслуговуваній зоні, оскільки вони впливають на фізіологічні потреби людини, її здоров'я та працездатність.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У 2016 р. набули обов'язкової чинності Державні будівельні норми України "Теплова ізоляція будівель" взамін ДБН "Теплова ізоляція будівель" 2006 року [3]. Ці ДБН передбачають розроблення енергетичного паспорту будинку як на етапі проектування проектів будинків та споруд, так і при реконструкції та капітальному ремонті. Енергетичний паспорт існуючих споруд розробляється на підставі даних енергетичного аудиту будинку, а у разі нового будівництва – на підставі аналізу проектної документації, а відтак присвоюється клас енергетичної ефективності.

З 2017 в Україні діє закон «Про енергетичну ефективність будівель». Цей Закон визначає правові, соціально-економічні та організаційні засади діяльності у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель і спрямований на зменшення споживання енергії у будівлях. Енергетична ефективність будівель визначається відповідно до методики, що розробляється з урахуванням вимог актів законодавства Європейського Союзу, Енергетичного Співтовариства, гармонізованих європейських стандартів у сфері енергетичної ефективності будівель та затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері будівництва.

Не викликає сумніву той факт, що витрату теплоти на потреби опалення будинків необхідно значно зменшити шляхом проведення їх термомодернізації [2, 4]. Для досягнення максимального ефекту слід визначити економічно доцільний рівень теплозахисту будинків, який повинен бути оптимальним як в теплотехнічному, так і в економічному відношенні, показником чого можуть бути приведені затрати [5, 6]. За рахунок цього споживач отримає змогу вивільнити

кошти за опалення, а крім того оптимізація рівня теплозахисту забезпечує значну економію енергоресурсів [7, 8].

Для реалізації цих завдань постає необхідність підвищення ефективності енергоощадності, збільшення прибутку від впровадження термореноваційних заходів при виборі теплоізоляційних матеріалів та обґрунтування методики розрахунку.

Мета дослідження – підвищення ефективності енергоощадних заходів, досягнення зниження їх вартості за рахунок оптимізації у співвідношенні вартості теплової енергії та теплоізоляційних матеріалів, визначення критерію оптимізації та обґрунтування вибору оптимального теплоізоляційного матеріалу і його товщини, визначення оптимального термічного опору, виявлення шляхів підвищення ефективності енергоощадності на перспективу та обґрунтування методики розрахунку.

Матеріали та методи дослідження. У ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» наведено методичні положення щодо розрахунку приведеного опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій та визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару. Однак ці положення не враховують економічних аспектів при виборі теплоізоляційного матеріалу.

Результати досліджень та їх обговорення. У цій статті розроблено засоби та способи оптимізації впровадження енергоощадності із врахуванням вартості теплової енергії та теплоізоляційних матеріалів. При цьому найбільший інтерес представляють ті заходи, які є ефективними в теплотехнічному відношенні і водночас можуть бути реалізовані при мінімальних затратах коштів, тобто мають незначний час окупності. Одним із найпоширеніших термореноваційних заходів є утеплення зовнішніх стін. Важливим чинником певної енергоощадної пропозиції є саме економічна оцінка. Розв’язок поставленої задачі включає в себе дві стадії.

Перша стадія: вибір оптимального матеріалу ізоляції. Для цього розглянемо багатошарову конструкцію стіни будинку, яка може бути додатково ізольованою одним із теплоізоляційних волокнистих чи полімерних матеріалів (табл.1). Вартість

теплоізоляційних матеріалів прийнято як середнє значення комерційної пропозиції на ці матеріали найбільших торгівельних мереж будматеріалів України за третій квартал 2020 року.

Використання того чи іншого теплоізоляційного матеріалу (*A* чи *B*) слід розглядати за умови забезпечення ним рівноцінних теплотехнічних умов, а саме одиничного термічного опору теплопровідності R = 1 (м^2·К)/Вт. Відповідно при цьому буде різна їх товщина δ_A, та δ_B, питомий об‘єм V_A та V_B (при одиничній поверхні стіни 1m^2), а також питома вартість C_A та C_B вибраних матеріалів, що розраховується на підставі даних виробників матеріалів. Оскільки за умовою R = 1 (м^2·К)/Вт, тобто δ_i/λ_i= 1 (м^2·К)/Вт, виникає необхідність дослідити теплотехнічні властивості теплоізоляційних матеріалів із врахуванням їх вартості. Якщо питома вартість матеріалу C_i, грн/м^3, то його загальна вартість K_i грн/м^2, є пропорційною товщині δ_i: $K_i = C_i\ \delta_i$.

1. Техніко-економічні характеристики

№	Назва матеріалу	Теплопровід-ність λ_i, *Вт/(м·К)*	Товщина ізоляції δ_i, *мм*	Питома вартість *SI*, *грн/(м^3)*
1	Мінеральна вата Rockwool Frontrock MAX	0,036	100	2800
2	Мінеральна вата Белтеп фасад PRO	0,035	100	2320
3	Пінопласт Greinplast GP-25-11	0,041	100	2200
4	Пінопласт Shpaten 35 Fasad	0,040	100	2300
5	Пінопласт Ферозіт 25 Exstra	0,041	100	1817
6	Екструдований пінополістирол Батеплекс (XPS)	0,030	50	1910
7	Екструдований пінополістирол Істплекс (XPS)	0,029	50	1800
8	Екструдований пінополістирол Пеноплекс (XPS)	0,029	100	2214

Аналізуючи табл.1, слід зазначити, що пінопласти Greinplast GP-25-11 та Ферозіт 25 Exstra мають однакову теплопровідність, але пінопласт Greinplast GP-25-11 є дорожчий, тому не може бути оптимальним. Аналогічно з порівняння екструдованих пінополістиролів істплекс (XPS) та пеноплекс (XPS) слід відхилити пеноплекс (XPS).

Проте один лише економічний аспект характеризує матеріал недостатньо, односторонньо. Доцільним є охопити проблему в комплексі, а саме врахувати одночасно економічні та теплопровідні властивості матеріалу. Порівнюючи співвідношення питомої вартості $\beta = C_A/C_B$ будь-яких двох матеріалів *A* та *B* за умови забезпечення ними одиничного термічного опору теплопровідності $R_i = 1$ (м^2·К)/Вт, розглянемо співвідношення коефіцієнтів теплопровідності $\alpha = \lambda_B/\lambda_A$. При цьому слід зазначити, що теплопровідність ефективнішого матеріалу *A* є меншою, а вартість більшою. Співвідношення загальної вартості K_A/K_B будь-яких двох матеріалів *A* та *B* отримуємо за умови забезпечення ними одиничного термічного опору теплопровідності $R_i = 1$ (м^2·К)/Вт за формулою (1):

$$K_B = K_A \frac{\alpha}{\beta}. \qquad (1)$$

На підставі аналізу формули (1) констатуємо: існують три варіанти співвідношення величин α і β, а саме: $\alpha = \beta$, $\alpha < \beta$, $\alpha > \beta$. Якщо $\alpha = \beta$, то $K_A = K_B$, тому вибір теплоізоляційного матеріалу є рівнозначним. Якщо $\alpha < \beta$, то $K_A < K_B$, а це означає, що матеріал *B* є дешевшим при забезпеченні ними одиничного термічного опору теплопровідності $R_i = 1$ (м^2·К)/Вт, а якщо $\alpha > \beta$, то $K_A > K_B$, відповідно, цей матеріал є дорожчим.

Відтак виникає необхідність запровадження такого поняття, як питома теплопровідна вартість матеріалу, оскільки його загальна вартість залежить як від питомої вартості матеріалу, так і його коефіцієнту теплопровідності. Розмірність цієї величини є такою: грн· Вт/(м·К·м3), що відповідає означенню. Слід зауважити, що вираз у дужках відображає фізичний зміст питомої теплопровідної вартості матеріалу та її зв'язок із питомою вартістю. Цей факт враховано у табл.2.

2. Питома теплопровідна вартість матеріалів

№	Назва матеріалу	Теплопро-відність λ_i, *Вт/(м·К)*	Товщина ізоляції δ_i, *мм*	Питома вартість *SI* *грн/(м^3)*	Питома теплопровідна вартість *TCC* *грн·Вт/(м·К·м^3)*
1	Мінеральна вата Rockwool Frontrock MAX	0,036	100	2800	100,8
2	Мінеральна вата Белтеп фасад PRO	0,035	100	2320	81,2
3	Пінопласт Shpaten 35 Fasad	0,040	100	2300	92,0
4	Пінопласт Ферозіт 25 Exstra	0,041	100	1817	74,5
5	Екструдований пінополістирол Батеплекс (XPS)	0,030	50	1910	57,3
6	Екструдований пінополістирол Істплекс (XPS)	0,029	50	1800	52,2

Аналіз табл.2 свідчить, що оптимальним матеріалом з комплексної точки зору теплопровідної вартості є екструдований пінополістирол істплекс (XPS) теплопровідністю λ = 0,029 Вт/(м·К) і товщиною δ = 50 мм.

Це є результат першої стадії розв‘язку.

Друга стадія: обгрунтування економічно доцільної товщини теплоізоляційного матеріалу. Задача полягає так: зовнішню стіну необхідно додатково ізолювати шаром теплоізоляційного матеріалу з теплопровідністю λ_{ins} економічно доцільної товщини δ_{ins}^{opt}, марку якого визначено в результаті першої стадії розв‘язку.

Величина питомих тепловтрат до утеплення q_0, Вт/м^2:

$$q_o = \frac{t_в - t_з}{R_o}, \tag{2}$$

та, відповідно, після утеплення q,, Вт/м^2 :

$$q = \frac{t_в - t_з}{R_н + \frac{\delta_{із}}{\lambda_{із}}}. \tag{3}$$

Заощадження теплоти $\Delta q = q_o - q$:

$$\Delta q = t_в - t_з \frac{\delta_{із}}{R_н^2 \lambda_{із} + R_o \delta_{із}}. \tag{4}$$

Річне заощадження питомої теплоти за опалювальний період $\Delta q_{оп}$:

$$\Delta q_{оп} = \Delta q \frac{t_в - t_{оп}}{t_в - t_з}. \tag{5}$$

Річна економія коштів за рахунок річного заощадження теплоти ΔB_{ec}^{year} грн/(м^2 ·рік):

$$\Delta B_{ec}^{year} = \Delta q_h \cdot P_{HE}, \tag{6}$$

де P_{HE} – вартість теплової енергії, P_{HE} = 219,3 грн/Гкал (умовно-змінна частина тарифу для абонентів житлових будинків з будинковими та квартирними приладами обліку теплової енергії – 921,12 грн/Гкал).

Щорічні інвестиційні затрати на термомодернізацію *ОС*:

$$OC = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{n} I_i, \tag{7}$$

де *T* – термін окупності термореноваційних заходів [рік]; $\sum_{i=1}^{n} I_i$ – вартість матеріалів, монтажу (заробітна плата), транспортні витрати та інші фінансові затрати, грн.

За цими даними будуємо графік (рис.1). На рис.1 зображено залежність від термічного опору теплоізоляційного матеріалу *R* інвестиційних затрат *AI* на проведення термореноваційних заходів матеріалами *A* та *B* (відповідно лінії *1a* та *1b*), експлуатаційних затрат *ОС* (лінія 2) та річних приведених затрат *ТС* для цих

матеріалів (відповідно лінії *3a* та *3b).* Величина приведених затрат має точку мінімуму, якій відповідають оптимальні величини термічного опору R_{opt} та приведених затрат TC_{opt}. Рис.1 демонструє геометричну інтерпретацію знаходження оптимальних точок для різних матеріалів A_{opt} та B_{opt}. Величини R_{opt} та TC_{opt} визначаються аналітично після диференціювання виразу для приведених затрат та прирівнювання його до нуля.

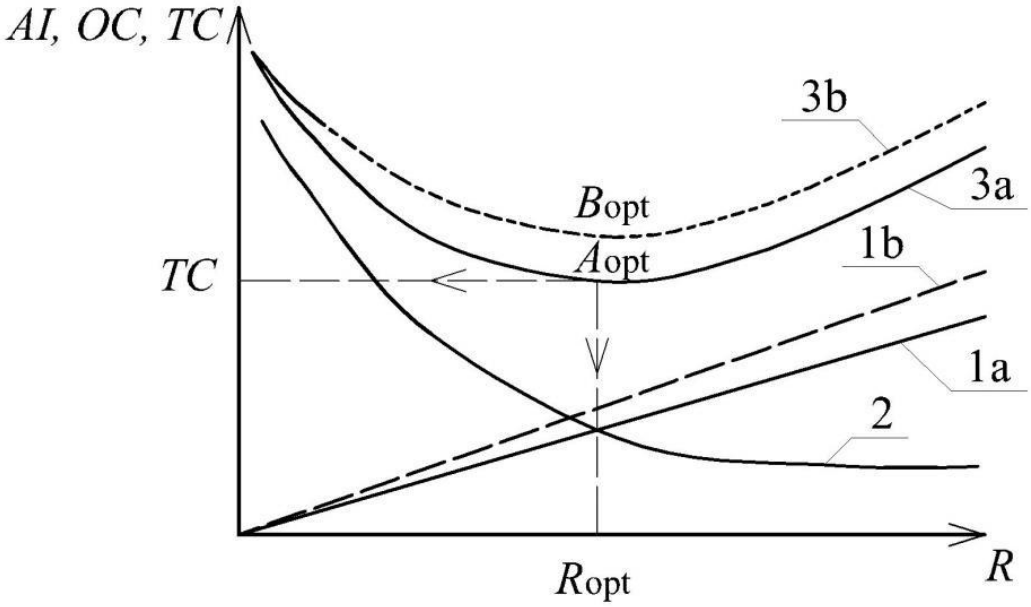

Рис.1. Залежність різних фінансових затрат від термічного опору R:

1a, 1b – щорічні інвестиційні затрати *AI* відповідно для матеріалів А та В;

2 – експлуатаційні затрати, ОС; 3 – приведені затрати, ТС

Для отримання результату другої стадії розв‘язку необхідно дослідити функцію приведених затрат на наявність точки мінімуму

$$TC_i = \frac{b_i}{T} R + \frac{a}{R}, \tag{8}$$

де a – коефіцієнт, що залежить від вартості теплової енергії, грн· м^2 ·К / (рік · Вт); b_i – теплопровідна вартість, грн · Вт / (м^2 · К).

При цьому доданки рівняння (8) є відповідно капіталовкладеннями (загальна річна вартість матеріалу теплоізоляції) та експлуатаційними затратами (питома річна вартість теплової енергії для підтримання в приміщенні заданої температури $t_в$, ^{0}С).

Після диференціювання виразу (8) отримуємо економічно доцільний термічний опір R_{opt}:

$$R_{opt} = \sqrt{\frac{a \cdot T}{b_i}} \tag{9}$$

Аналіз формули (9) свідчить, що подорожчання теплової енергії призводить до збільшення оптимального термічного опору, а відтак до необхідності збільшення його нормативної величини. До аналогічного наслідку призводить зменшення питомої теплопровідної вартості теплоізоляційного матеріалу, проте зазвичай спостерігається тенденція до її подорожчання. Отже, визначальним є співвідношення коефіцієнтів a та b, тобто вартості теплової енергії до теплопровідної вартості теплоізоляційного матеріалу. Цей фактор необхідно враховувати при нормуванні термічного опору на перспективу.

Висновки і перспективи. На основі проведених досліджень можна стверджувати, що:

- оптимальним теплоізоляційним матеріалом із 8 розглянутих при заданих вихідних даних є екструдований пінополістирол істплекс (XPS) теплопровідністю λ = 0,029 Вт/(м·К) і товщиною δ = 50 мм;

- при виборі теплоізоляційного матеріалу слід керуватись його питомою теплопровідною вартістю, яка поєднує його теплотехнічні властивості та економічні характеристики;

- наведено методику визначення оптимальної точки за умови сталих цін, тобто оптимальні питомі приведені затрати та оптимальний термічний опір;

- подорожчання теплової енергії призводить до збільшення оптимального термічного опору, а відтак до необхідності збільшення його нормативної величини;

- визначальним для встановлення нормативного термічного опору на перспективу є співвідношення вартості теплової енергії до теплопровідної вартості теплоізоляційного матеріалу.

Список використаних джерел

1. Kapalo P., Voznyak O., Yurkevych Yu., Myroniuk Kh., Sukholova I., Ensuring comfort microclimate in the classrooms under condition of the required air exchange. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. Vol 5/10 (95). 2018. P. 6–14.

2. Voznyak O., Myroniuk K., Dovbush O. Relationship between a Person Heat Exchange and Indoor Climate. Selected scientific Papers 10th Rzeszow-Lviv-Kosice Conference 2005 Supplementary Issue. Technical University of Kosice. 2005. P. 148–152.

3. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017.

4. Возняк О. Т., Сухолова І. Є., Савченко О. О., Довбуш О. М. Термореновація системи кондиціонування повітря виробничих приміщень. Вісник Одеської Державної академії будівництва та архітектури. 2017. Вип. 68. С. 114–120.

5. Возняк О. Т., Юркевич Ю. С., Желих В. М. Аналіз економічних ефектів при термомодернізації будівель. Науково-технічний збірник “Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання”. 2010. КНУБА. Вип. 14. С.79-89.

6. Возняк О. Т., Савченко О. О., Юркевич Ю. С., Довбуш О. М. Термореновація системи газопостачання виробничих приміщень. Міжнар. науково-техн. журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкції будівництві» Вінницького НТУ. 2018. №2 (25). С.178 – 184.

7. Возняк О. Т., Сухолова І. Є., Юркевич Ю. С., Довбуш О.М. Thermal modernization of industrial rooms air conditioning systemю Вісник НУ “ЛП” “Теорія і практика будівництва”. 2018. № 888. С.36 –42.

8. Zhelykh V., Voznyak O., Kozak K., Dovbush O., Kasynets M. Civil buildings heating system thermal renewal. Proc. of Lviv Polytechnic National University: The theory and building practice. 2019. No.1(2). P. 7 – 13.

References

1. Kapalo, P., Voznyak, O., Yurkevych, Yu., Myroniuk, Kh., Sukholova, I. (2018). Ensuring comfort microclimate in the classrooms under condition of the required air exchange. Eastern European Journal of Enterprise Technologies, 5/10 (95), 6 – 14.

2. Voznyak, O., Myroniuk, K., Dovbush, O. (2005). Relationship between a Person Heat Exchange and Indoor Climate. Selected scientific Papers 10th Rzeszow-Lviv-Kosice Conference 2005 Supplementary Issue. Technical University of Kosice, 148–152.

3. DBN V.2.6-31:2016 Teplova izoliatsiia budivel (2017). [Thermal insulation of buildings]. Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 2017.

4. Vozniak, O. T., Sukholova, I. Ye., Savchenko, O. O., Dovbush, O. M. (2017). Termorenovatsiia systemy kondytsionuvannia povitria vyrobnychykh prymishchen [Thermal renovation of the air conditioning system of industrial premises]. Visnyk Odeskoi Derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury, 68, 114–120.

5. Vozniak, O. T., Yurkevych, Yu. S., Zhelykh, V. M. (2010). Analiz ekonomichnykh efektiv pry termomodernizatsii budiveliu [Analysis of economic effects in

thermal modernization of buildings.]. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk “Ventyliatsiia, osvitlennia ta teplohazopostachannia”, KNUBA, 14,79-89.

6. Vozniak, O. T., Savchenko, O. O., Yurkevych, Yu. S., Dovbush, O. M. (2018). Termorenovatsiia systemy hazopostachannia vyrobnychykh prymishchen [Thermal renovation of the gas supply system of industrial premises]. Mizhnar. naukovo-tekhn. zhurnal «Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktsii Vinnytskoho NTU, 2 (25), 178 – 184.

7. Voznyak, O. T., Suholova, I. Ye., Yurkevy`ch, Yu. S, Dovbush, O.M. (2018). Thermal modernization of industrial rooms air conditioning system. Visnyk NU “LP” “Teoriya i praktyka budivnycztva”, 888, 36 –42.

8. Zhelykh,V., Voznyak. O., Kozak, K., Dovbush, O., Kasynets, M. (2019). Civil buildings heating system thermal renewal. Proc. of Lviv Polytechnic National University: The theory and building practice, 1(2), 7 – 13.

ТЕПЛОПРОВОДНАЯ СТОИМОСТЬ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

О. Т. Возняк, Н. А. Сподынюк, И. Е. Сухолова, А. М. Довбуш

Аннотация. *Представлены результаты теоретических исследований достижения максимального эффекта при определении экономически целесообразного уровня теплозащиты зданий. Он должен быть оптимальным как в теплотехническому, так и в экономическом отношении. показателем чего служат приведенные затраты. Приведены графические и аналитические зависимости. Результатами исследований обоснованно получения максимального эффекта при применении различных теплоизоляционных материалов.*

Целью работы является повышение эффективности энергосберегающих мероприятий, достижения снижения их стоимости за счет оптимизации в соотношении стоимости тепловой энергии и теплоизоляционных материалов, определение критерия оптимизации и обоснования выбора оптимального теплоизоляционного материала и его толщины, и определения оптимального термического сопротивления, выявление путей повышения эффективности энергосбережения на перспективу и обоснование методики расчета.

Рассмотрен один из самых распространенных термореновационных мероприятий, а именно утепление наружных стен. Проведена экономическая оценка, что является важным фактором определенного энергосберегающего предложения. Представлено решение поставленной задачи, которое включает в себя две стадии. Результатом на первой стадии является выбор оптимального материала изоляции. Вторая стадия - это обоснование экономически целесообразной толщины теплоизоляционного материала. Полученные результаты позволяют добиться повышения эффективности энергосбережения при термореновации домов как в энергетическом, так и в экономическом аспектах. Представлены результаты математического обоснования важности такого фактора как теплопроводная стоимость теплоизоляционных материалов при оптимизации их толщины.

Ключевые слова: ***теплоизоляционные материалы, капиталовложения, удельные инвестиции, энергосбережение, приведенные затраты, теплопроводная стоимость, удельная теплопроводная стоимость***

THERMALLY CONDUCTIVE COST OF THE HEAT-INSULATING MATERIALS

O. Voznyak, N. Spodyniuk, I. Sukholova, O. Dovbush

Abstract. *The article presents the results of theoretical research to achieve the maximum effect in determination of the economically feasible level of buildings thermal protection. It must be optimal both thermally and economically, an indicator of which there are the costs. Graphical and analytical dependences are given. The research results substantiate the maximum effect when different thermal insulating materials are used.*

The aim is to increase the efficiency of energy saving measures, reduce their cost by optimizing the cost of thermal energy and insulating materials, determining the optimization criteria and justification for choice the optimal insulating material and its thickness, and determining the optimal thermal resistance, identifying ways to improve energy efficiency and substantiation of the calculation method.

One of the most common thermal renovation measures, namely insulation of external walls, is considered. An economic assessment has been conducted, which is an important factor in a certain energy-saving proposition. The solution of the problem is presented, which includes two stages. The result of the first stage is the selection of the optimal heat-insulating material. The second stage is a substantiation of economically expedient thickness of the heat-insulating material. The obtained results make it possible to increase the efficiency of energy saving in thermal renovation of buildings taking into account both energy and economic aspects. In this paper the results of mathematical provement of such factor importance as the thermally conductive cost of the heat-insulating material at their thickness optimization are presented.

Key words: ***heat-insulating materials, capital investments, specific investments, energy saving, reduced costs, thermally conductive cost, specific thermally conductive cost***