

7. Frolov Yu. G. (1982). Course of colloid chemistry. Moscow, Russia: Chemistry. 400.

### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрена разработка новой технологии для защиты подземного пространства от техногенных загрязнений. Основу технологии составляет использование искусственных противодиффузионных экранов с недефицитных материалов и небольших финансовых затрат. Проанализированы математическое моделирование процессов инъецирования грунта, фильтрацию, давление и распространения раствора.

Ключевые слова: защита подземного пространства, разработка технологии, противодиффузионный экран, математическое моделирование, инъецирование грунта.

### **ANNOTATION**

Considered the development of new technologies for the protection of underground space from man-made pollution. The basis of the technology is the use of synthetic geomembrane material with no deficit and no large financial costs. Compared to the use of natural varieties of clay, cement and materials based on acrylate. Powered modeling of soil permeability in filtering liquids. Analyzed the mathematical modeling of soil injection, filtration, pressure and distribution solution.

Keywords: protection of underground space, technology development, geomembrane, Mathematical Modeling, soil injection.

**УДК 621.873:551.557**

**Пашинський В.А., д.т.н., проф.,  
Карпушин С.О., к.т.н., доц.,  
ЦНТУ, м. Кропивницький  
Карюк А.М., к.т.н., доц.,  
ПолтНТУ, м. Полтава**

### **ДОЦІЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ОГОРОДЖЕНЬ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ УКРАЇНИ**

Розроблена методика визначення доцільного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій за критерієм мінімуму річних приведених витрат на опалення. Для кліматичних умов двох температурних зон України отримані та виражені аналітично залежності доцільного опору теплопередачі стін, суміщених покрівель, горищних перекриттів та перекриттів над підвалами від вартості теплової енергії. Отримані результати вказують на необхідність збільшення опору теплопередачі в умовах зростання вартості енергоносіїв.

Ключові слова: огорожувальні конструкції, опір теплопередачі, енергозбереження.

**Постановка проблеми.** Огорожувальні конструкції цивільних будівель проектується за мінімально необхідним опором теплопередачі, який встановлено чинними нормами проектування. Зростання вартості теплової енергії, яке відбувається останнім часом, призводить до збільшення витрат на опалення, що можна компенсувати зменшенням втрат тепла за рахунок поліпшення теплових характеристик огороджень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Огорожувальні конструкції будівель в Україні повинні відповідати вимогам норм [1], котрі встановлюють мінімально необхідні значення опору теплопередачі залежно від виду

конструкції та температурної зони, у якій споруджується будівля. Нова редакція цих норм, яка набула чинності з травня 2017 року, не містить принципових змін в частині мінімально необхідного опору теплопередачі огорожень. В огляді [2] показано, що встановлені нормами [1] значення опору теплопередачі загалом близькі до норм багатьох європейських країн (Польща, Словачія, Литва, Німеччина та інші), але в країнах Північної Європи (Швеція, Фінляндія) встановлені значно вищі вимоги до теплових характеристик. Директивою ЄС [3] від 2010 року заплановане поетапне зростання теплових характеристик огорожень на період до 2021 року. У роботі [4] запропоновано визначити оптимальний опір теплопередачі за критерієм мінімуму приведених витрат на опалення. На прикладі стін житлових будівель доведена необхідність збільшення опору теплопередачі при зростанні вартості теплової енергії.

**Завданням даної роботи** є виявлення доцільного опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій цивільних будівель, який забезпечує мінімум річних приведених витрат на опалення в умовах України, та його залежностей від вартості теплової енергії.

**Об'єктами дослідження** є огорожувальні конструкції цивільних будівель:

- зовнішня несуча стіна з керамічної цегли товщиною 510 мм, внутрішньої штукатурки товщиною 20 мм, фасадної теплоізоляції з пінополістиролу та зовнішнього опоряджувального шару на цементній основі;
- суміщена покрівля із залізобетонних пустотних плит, шару ніздрюватого бетону марки D 400 та рулонної гідроізоляції з руберойду;
- горищне перекриття із залізобетонних пустотних плит, стяжки товщиною 20 мм та мінераловатних плит;
- перекриття над неопалюваним підвалом із залізобетонних пустотних плит, стяжки товщиною 20 мм, лінолеуму на

теплоізоляційній основі, екструзійних плит з пінополістиролу та зовнішнього захисного шару.

Різні види теплоізоляційних матеріалів вибрані відповідно до їх звичного використання в конструкціях, а також з метою аналізу різних співвідношень теплопровідності та вартості цих матеріалів. Теплові характеристики описаних конструкцій вказані в таблиці 1, де наведене мінімально допустиме значення опору теплопередачі  $R_{0,min}$  для обох температурних зон України за [1] та значення опору теплопередачі  $R_H$  несучої частини огорожувальної конструкції (без шару теплоізоляції та зовнішнього оздоблювального шару) в  $m^2 \cdot K / Wt$ .

Товщина теплоізоляційного шару визначається теплотехнічним розрахунком за [1] для ряду значень опору теплопередачі  $R_0$  в межах від  $2 m^2 \cdot K / Wt$  до  $12 m^2 \cdot K / Wt$  з урахуванням наведеного в таблиці 1 опору теплопередачі несучих конструкцій.

**Методика вибору доцільного опору теплопередачі** базується на аналізі річних приведених витрат на опалення, які враховують початкову вартість  $1 m^2$  конструкції (капітальні видатки) та вартість тепла, яке втрачається через  $1 m^2$  огороження (поточні витрати) і обчислюються за формулою:

$$P = Q \times C_T + \left( \frac{C_H}{T_H} + \frac{C_Y}{T_Y} \right), \quad (1)$$

де  $Q$  – втрати тепла через огороження протягом опалювального періоду;

$C_T$  – вартість теплової енергії (ціна однієї гікалорії тепла);

$C_H$  і  $C_Y$  – вартості одного квадратного метра несучої конструкції та утеплення;

$T_H$  і  $T_Y$  – встановлені терміни експлуатації несучої конструкції та утеплення.

Досвід розрахунків за (1) показує, що збільшення опору теплопередачі обумовлює зростання вартості утеплення огорожувальної конструкції, але зменшує щорічні втрати тепла. У результаті залежність приведених витрат (1) від опору теплопередачі огорожувальної конструкції має мінімум, який і визначає оптимальне

значення опору теплопередачі.

**Вихідні дані**, необхідні для обчислення приведених витрат за формулою (1), встановлені за вказівками нормативних документів [1, 5], а також за результатами теплотехнічних і кошторисних розрахунків.

Втрати тепла через один квадратний метр огорожувальної конструкції протягом опалювального періоду дорівнюють

$$Q = 0,0000206 \frac{G_{оп}}{R_0} \text{ Гкал}, \quad (2)$$

де  $G_{оп}$  – кількість градусо-днів опалювального періоду за даними [5];

$R_0$  – заданий опір теплопередачі огорожувальної конструкції.

Вартість тепла  $C_T$  (ціна однієї гікакалорії) встановлюється постановами Уряду для кожної з областей України. При визначенні оптимального опору теплопередачі розглядалися можливі значення вартості тепла в межах від 600 грн/Гкал до 2400 грн/Гкал.

Вартість огорожувальних конструкцій встановлена в результаті виконання локальних кошторисних розрахунків у середовищі програмного комплексу АВК з урахуванням цін на матеріали кінця 2016 року. Вартість одного квадратного метра несучих конструкцій  $C_H$  є незмінною величиною, вказаною в таблиці 2, а вартість утеплення  $C_Y$  описана залежностями від заданого опору теплопередачі огорожувальної конструкції, наведеними в таблиці 2.

Термін експлуатації несучих

конструкцій житлових і громадських будівель прийнятий рівним  $T_H=100$  років. Виходячи з вимог норм [1], характеристик використаних теплоізоляційних матеріалів та реальних можливостей їх заміни у процесі експлуатації будівель, у подальших розрахунках прийняті терміни експлуатації утеплення  $T_Y=100$  років для суміщеної покрівлі,  $T_Y=50$  років для перекриття над підвалом і  $T_Y=25$  років для стін та горіщного перекриття.

**Приклад оптимізації утеплення суміщеної покрівлі** виконаний для умов м. Кропивницький. З урахуванням  $G_{оп}=3553$  градусо-доби та наведених вище інших вихідних даних збудовані залежності приведених витрат (1) від опору теплопередачі покрівлі при різних вартостях теплової енергії. З рис. 1 видно, що з ростом вартості теплової енергії  $C_T$  оптимальне значення опору теплопередачі, яке дає мінімум приведених витрат, зростає від  $6,2 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$  при  $C_T=1000$  грн/Гкал до  $9,4 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$  при  $C_T=2200$  грн/Гкал.

Зображена на рисунку 2 залежність оптимального опору теплопередачі покрівлі від вартості теплової енергії описується аналітичним виразом

$$R_{opt} = A \sqrt{C_T}, \quad (3)$$

де  $C_T$  – вартість теплової енергії у грн/Гкал;

$A$  – коефіцієнт апроксимуючої залежності, який згідно з рисунком 2 для суміщеної покрівлі в умовах м. Кропивницький дорівнює 0,19.

**Таблиця 1**

*Теплові характеристики огорожувальних конструкцій*

Огорожувальні конструкції	Необхідний опір теплопередачі $R_{0,min}$	Опір теплопередачі несучої конструкції $R_H$
Зовнішня стіна	3,3 – 2,8	1,06
Суміщена покрівля	5,35 – 4,9	0,34
Горищне перекриття	4,95 – 4,5	0,29
Перекриття над підвалом	3,75 – 3,3	0,32

**Таблиця 2**

*Цінові характеристики огорожувальних конструкцій*

Огорожувальні конструкції	Вартість 1 кв. м. несучої конструкції ( $C_H$ ), грн/м <sup>2</sup>	Вартість 1 кв. м. утеплення ( $C_Y$ ), грн/м <sup>2</sup>
Зовнішня стіна	756,00	$C_Y = 82,14 \times R_0 - 88,57$
Суміщена покрівля	632,00	$C_Y = 183,62 \times R_0 - 61,82$
Горищне перекриття	431,00	$C_Y = 35,45 \times R_0 + 18,48$
Перекриття над підвалом	792,00	$C_Y = 150,48 \times R_0 - 12,52$

Рисунок 2 та формула (3) показують, що опір теплопередачі суміщеної покрівлі, який в [1] встановлений рівним  $R_{0,min}=5,35$ , відповідає вартості теплової енергії  $C_T=838$  грн/Гкал. При сучасній ціні близько 1400 грн/Гкал опір теплопередачі суміщеної покрівлі слід збільшити до  $7,1 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

**Рекомендації щодо вибору доцільного опору теплопередачі** огорожень цивільних будівель розроблені за результатами аналогічних розрахунків з урахуванням 4000 градусо-днів опалювального періоду для першої та 3200 градусо-днів для другої температурної зони України згідно з [5]. Залежності доцільного опору теплопередачі огорожень усіх видів від вартості теплової енергії описується формулою (3) з коефіцієнтами, наведеними в табл. 3.

Розрахунки за формулою (3) показують, що при сучасних цінах на будівельні матеріали та вартості теплової енергії опір теплопередачі розглянутих огорожувальних конструкцій доцільно збільшити в 1,3-2,5 рази порівняно з мінімально необхідними значеннями, встановленими в нормах [1]. Згідно з

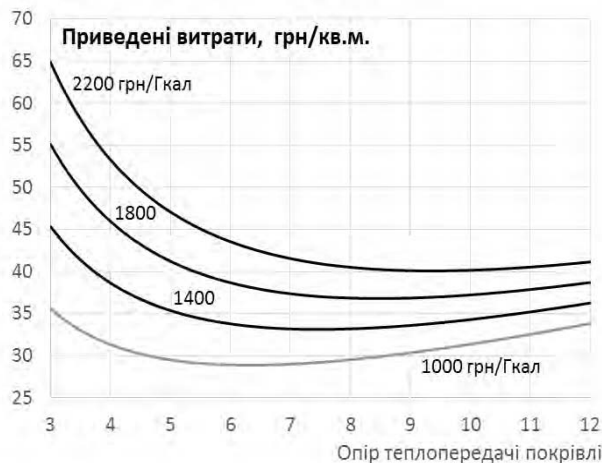


Рис. 1 Залежність приведених витрат від вартості теплової енергії та опору теплопередачі покрівлі

формулою (3), подальше зростання вартості тепла повинно приводити до зростання доцільних опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій. Однак зростання вартості теплової енергії обумовить ріст цін на будівельні матеріали, при виробництві яких ця енергія також використовується. Тому доцільні значення опору теплопередачі залишаться близькими до визначених за (3) на сьогоднішній день.

**Висновки:**

1. Виходячи з критерію мінімуму приведених витрат на опалення, для обох температурних зон України отримані залежності доцільних значень опору теплопередачі стін, суміщених покрівель, горищних перекриттів та перекриттів над підвалами цивільних будівель від вартості теплової енергії.

Виконаний аналіз вказує на доцільність подальшого підвищення мінімально необхідного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій цивільних будівель в умовах зростання вартості енергоносіїв.

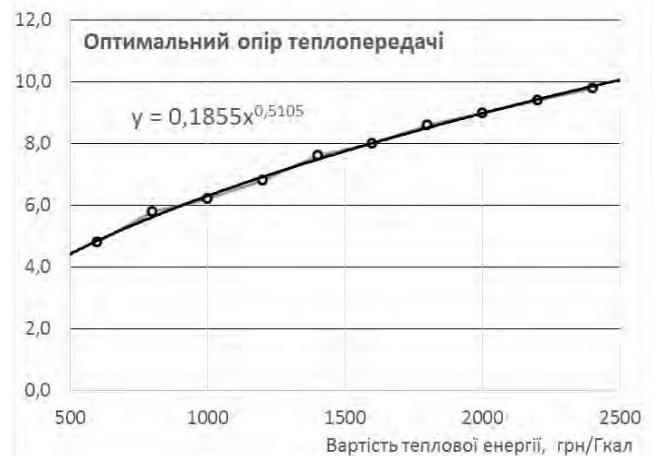


Рис. 2 Залежність оптимального опору теплопередачі покрівлі від вартості теплової енергії

**Таблиця 3**

**Коефіцієнти А для формули (3)**

Вид огорожувальної конструкції	Коефіцієнти А для температурних зон згідно норм [1]	
	першої	другої
Зовнішні стіни	0,16	0,14
Суміщені покриття	0,21	0,19
Перекриття над неопалюваним підвалом	0,17	0,15
Перекриття неопалюваних горищ	0,24	0,21

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:**

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. (зі зміною № 1 від 2013 року). – К., 2006. – 66 с.

2. Энергозбереження в будівлях. // Електронний журнал енергосервісної компанії "Екологічні системи". – 2012. – № 4. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.journal.esco.co.ua/2012\\_4/art133.htm](http://www.journal.esco.co.ua/2012_4/art133.htm).

3. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. // Official Journal of the European Union. – 2010. – L 153, S. 13-35. Режим доступу: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:en:PDF>

4. Карюк А.М., Кошлатий О.Б. Теплотехнічні характеристики стін цивільних будівель в умовах зростання вартості енергоносіїв. – Будівництво України. – 2015. – № 5. – С. 12–14.

5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2010. – 101 с.

**REFERENCES:**

1. Konstruktsii budynkiv i sporud. Teplova izoliazia budivel. (zi zminoiu № 1 vid 2013 roku) [Construction of buildings and structures. Thermal insulation buildings (amended №1 from 2013 year)]. (2006). DBN B.2.6-31:2006. Kyiv: Ukraine [in Ukrainian].

2. (2012). Enerhozberezhennia v budivliakh. [Energy efficiency in buildings]. Elektronnyi zhurnal enerhoservisnoi kompanii "Ekolohichni systemy" – Electronic Journal ESCO "Ecological systems", 4. Retrieved from [http://www.journal.esco.co.ua/2012\\_4/art133.htm](http://www.journal.esco.co.ua/2012_4/art133.htm) [in Ukrainian].

3. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. // Official Journal of the European Union. – 2010. – L 153, S. 13-35. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:en:PDF>

4. Kariuk A. (2015). Thermal characteristics of walls civilian buildings in the fake of rising energy costs / A. Kariuk, O. Koshlatyi // Construction Ukraine, 5, 12-14 //

5. Zakhyst vid nebespechnykh heolohichnykh protsesiv, shkidlyvykh ekspluataziinyh vplyviv, vid pozhezhi. Budivelna klimatologia [Protection from dangerous geological processes operating hazardous effects of fire. Construction climatology]. (2010). DSTU-N B.1.1-27:2010. Kyiv: Ukraine [in Ukrainian].

**АННОТАЦІЯ**

*Разработана методика определения целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций по критерию минимума годовых приведенных затрат на отопление. Для климатических условий двух температурных зон Украины получены и выражены аналитически зависимости целесообразного сопротивления теплопередаче стен, совмещенных кровель, чердачных перекрытий и перекрытий над подвалами от стоимости тепловой энергии. Полученные результаты указывают на необходимость увеличения сопротивления теплопередаче в условиях роста стоимости энергоносителей.*

*Ключевые слова: ограждающие конструкции, сопротивление теплопередаче, энергосбережение.*

**ANNOTATION**

*The method of determining the appropriate heat transfer resistance of walling for the criteria of minimum annual heating costs are developed. For the climatic conditions of the two temperature zones of Ukraine received and analytically described dependencies of reasonable heat transfer resistances of the walls, combined roofs, attic floors and overlapping of the basements from the cost of thermal energy. Obtained results pointing to needs of increasing heat transfer resistance in terms of increasing energy costs.*

*Keywords: walling, heat transfer resistance, energy saving.*