

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ В УКРАИНЕ

**Карюк А., Кошлатый О., Тимошевский В., Пенц В.**

**Введение.** Обеспечение энергоэффективности зданий является одной из важнейших проблем современного строительства. Особая острота этой проблемы в условиях дефицита и роста стоимости энергоносителей побуждает к улучшению тепловых характеристик ограждающих конструкций. Действующие нормы проектирования тепловой изоляции зданий [1] устанавливают минимально допустимые значения сопротивления теплопередаче стен гражданских зданий для первой температурной зоны (большая часть территории – 20 регионов Украины)  $R_{qmin} = 3,3 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$  и для второй температурной зоны (5 южных регионов)  $R_{qmin} = 2,8 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$ . Для зданий, подлежащих термомодернизации, эти требования снижаются на 20%, что составляет  $R_{qmin} = 2,64 \text{ м}^2/\text{Вт}$  для первой и  $R_{qmin} = 2,24 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$  для второй температурной зоны. Приведенные в [1] значения являются несколько выше требований предыдущей редакции норм [2].

Целесообразность этих требований к сопротивлению теплопередаче стен и необходимость их дальнейшего повышения [3, 4] проанализирована в данной статье по критерию минимума приведенных расходов, учитывающих стоимость ограждающей конструкции и расходы на отопление в г. Полтава. Рассматриваются распространенные конструкции стен многоэтажных гражданских зданий [5, 6], которые состоят из таких слоев: внутренняя штукатурка известково-песчаным раствором толщиной 20 мм, кирпичная кладка из пустотелого кирпича на цементном растворе толщиной 510 мм, утеплитель из экструзионного пенополистирола со средней плотностью  $30 \text{ кг/м}^3$  и значением коэффициента теплопроводности  $\lambda = 0,037 \text{ Вт/(м} \times \text{К)}$ , внешний отделочный слой из цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм. В дальнейших расчетах коэффициенты теплопроводности всех материалов приняты по нормам [2] для условий эксплуатации А. Толщина пенополистирольного утеплителя, определенная по заданным значениям сопротивления теплопередачи стены  $2 \leq R_0 \leq 7 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$ , изменялась в пределах от 30 мм до 220 мм.

**Проблема оптимизации тепловых характеристик и ее решение.** Потери тепла через ограждающую конструкцию с известным сопротивлением теплопередаче  $R_0$  при стационарном тепловом режиме определены на основе общей формулы строительной теплотехники [7]:

$$Q = \frac{t_B - t_3}{R_0} \times F \times t \quad (1)$$

где  $t_B$  и  $t_3$  – температуры внутреннего и наружного воздуха;

$F$  – площадь рассматриваемого участка ограждения;

$t$  – время, в течение которого происходит теплопередача в стационарном тепловом режиме.

В дальнейших расчетах площадь участка ограждающей конструкции принимается равной  $1 \text{ м}^2$ . Температуру внутреннего воздуха в жилом помещении можно считать постоянной во времени  $t_B = + 20^\circ\text{C}$ . Время  $t$ , в течение которого происходит теплопередача, равно продолжительности отопительного пе-

риода, поэтому сезонные и случайные изменения температуры наружного воздуха адекватно учитываются количеством градусо-суток отопительного периода  $G_{OT}$ , определенным по данным [8] и стандарта [9].

Подстановка этих данных в (1) дает формулу для определения потерь тепла (в гигакалориях) через один квадратный метр стены с известным сопротивлением теплопередачи  $R_0$  ( $m^2 \times K$ )/Вт в течении отопительного периода:

$$Q = 0,0000206 \frac{G_{OT}}{R_0} . \quad (2)$$

Годовые приведенные расходы равны сумме годовых текущих расходов (себестоимости отопления) и капитальных вложений, приведенных к годовому измерению с помощью норматива сравнительной эффективности:

$$P = Q \times C_T + \frac{C_H}{T_H} + \frac{C_Y}{T_Y} , \quad (3)$$

где  $C_T$  – стоимость тепловой энергии (стоимость одной гигакалории тепла);

$C_H$  и  $C_Y$  – стоимости несущей (кирпичная кладка и внутренняя штукатурка) и утепляющей (теплоизоляционный слой и наружная отделка) частей стены;

$T_H$  и  $T_Y$  – установленные сроки эксплуатации несущей и утепляющей частей стены.

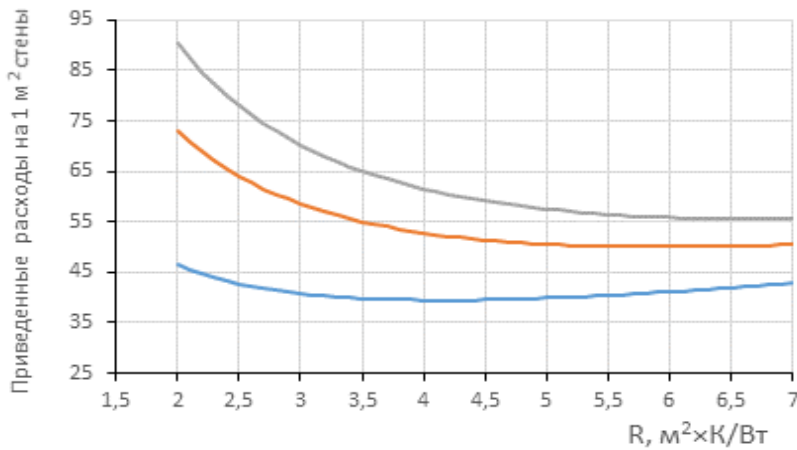
Годовые приведенные расходы (3) вычислены с учетом установленного срока эксплуатации гражданских зданий  $T_H = 100$  лет и срока службы эффективного утеплителя, который в соответствии с требованиями норм [2] должен быть не менее  $T_Y = 25$  лет. Стоимости одного квадратного метра несущей  $C_H$  и утепляющей  $C_Y$  частей стены определялись сметным расчетом с учетом стоимости строительных материалов и строительного-монтажных работ.

Теплотехнические расчеты выполнены для города Полтава, который находится в первой температурной зоне по карте районирования [1]. По данным [8, 9] установлено, что количество градусо-суток отопительного периода в г. Полтава равно  $G_{OT} = 3762$ . Проанализированы три варианта цены тепловой энергии:

- цена, установленная постановлением правительства в 2015 году для каждого города Украины [10] (663 грн/ Гкал для Полтавы);
- цена, установленная постановлением правительства в 2016 году для каждого города Украины [11] (1351 грн/ Гкал для Полтавы);
- гипотетическая перспективная цена в размере 1800 грн/Гкал.

Результаты расчетов приведены на рисунке 1 в виде зависимостей приведенных расходов от сопротивления теплопередаче стены. Три кривых соответствуют трем указанным выше уровням цен на тепловую энергию.

Приведенные на рисунке зависимости приведенных расходов на  $1 m^2$  стены от ее сопротивления теплопередаче позволяют установить оптимальное значение сопротивления теплопередаче по критерию минимума приведенных расходов. При цене 2015 года (нижняя кривая) наименьшее значение приведенных расходов реализуется при сопротивлении теплопередаче  $R_0 = 4,2$  ( $m^2 \times C$ )/Вт. Введение в 2016 году цены на тепловую энергию 1350,66 грн / Гкал для Полтавы [11] при условии сохранения современного уровня цен на строительные материалы сопротивление теплопередаче стен необходимо увеличивать до  $R_0 = 5,9$  ( $m^2 \times C$ )/Вт, а возможное повышение цены на тепловую энергию до 1800 грн / Гкал требует повышения сопротивления теплопередаче до  $R_0 = 6,8$  ( $m^2 \times C$ )/Вт.



**Рисунок 1 – Приведенные расходы на 1 м<sup>2</sup> стены при различных сопротивлениях теплопередачи ценах на тепловую энергию**

Полученные значения существенно превышают требования норм [1], что свидетельствует о необходимости их пересмотра.

Выполненные расчеты не учитывают возможное увеличение стоимости строительных материалов, которое представляется вполне возможным следствием повышения стоимости энергоресурсов. Этот фактор, численное значение которого предсказать практически невозможно, несколько снизит рост оптимального сопротивления теплопередаче по сравнению с выполненными расчетами. Тем не менее необходимость дальнейшего повышения теплотехнических требований к ограждающим конструкциям остается очевидной.

**Вывод.** Несмотря на определенную условность рассматриваемого модельного примера, выполненный анализ указывает на явно выраженную тенденцию к дальнейшему повышению минимально необходимого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций жилых и общественных зданий в условиях роста стоимости энергоносителей.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Зміна № 1.– К., 2013. – 11 с.
2. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель – К., 2006. – 66 с.
3. Карюк А. М. Економічно доцільний опір теплопередачі зовнішніх стін цивільних будівель для різних регіонів України /А.М. Карюк, О.Б. Кошлатий // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Будівельне виробництво». – Київ, 2015. – №29. – С.35–39.
4. Koshlatyi O.V. The development and prospects analysis of buildings Thermal protection standardization in Ukraine /O.V. Koshlatyi, A.M. Kariuk, R.A. Mischenko //International Scientific Journal «Theoretical & Applied Science». –Philadelphia, USA, 2015. –№09 (29). – P.21-23.
5. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. – К., 2009. – 35 с.
6. Тришарові стіни з теплоізоляцією. Зовнішні стіни [Електронний ресурс] Режим доступу: [http://a-bud.com.ua/ua/produkcija/izoljacija\\_tehnonikol/zovnishni\\_stini1.html](http://a-bud.com.ua/ua/produkcija/izoljacija_tehnonikol/zovnishni_stini1.html)
7. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е, переработанное и дополненное. – М.: Стройиздат, 1973. – 287 с.
8. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель. монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк / – Одеса, 2012. –180 с.
9. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2010. – 101 с.
10. Постанова від 31.03.2015 № 1171 «Про встановлення тарифів на послуги з централізованого опалення та послуги з централізованого постачання гарячої води, що надаються населенню суб'єктами господарювання, які є виконавцями цих послуг».
11. Постанова від 31.03.2015 № 1171 зі змінами від 02.12.2016р. «Про встановлення тарифів на послуги з централізованого опалення та послуги з централізованого постачання гарячої води, що надаються населенню суб'єктами господарювання, які є виконавцями цих послуг».