



МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ

В. Г. ГАГАРИН,
доктор техн. наук, профессор

Постоянный рост цен на тепловую и электрическую энергию, наблюдаемый в последние годы, делает особенно актуальной проблему теплозащиты ограждающих конструкций зданий с целью экономии энергетических ресурсов. Однако, доводы за повышение уровня теплозащиты зданий носят зачастую декларативный характер и крайне неубедительны, как и случайные данные из зарубежных источников, приводящиеся без анализа правомерности их сопоставления с аналогичными российскими данными. Эти «аргументы» перепечатываются из публикации в публикацию. Первоисточник некоторых из них уже невозможно и установить. Так, например, информация, что в нашей стране на отопление зданий приходится до 40% потребляемых энергоресурсов не находит подтверждения — в статистических ежегодниках эти данные отсутствуют.

Экономические расчеты, подтверждающие целесообразность повышения требований к теплозащите ограждающих конструкций методом минимума приведенных затрат [1 (приложение Д)], содержат явные методические ошибки, которые не были замечены в течение многих лет.

Наиболее распространенным аргументом в пользу повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций служит зарубежный опыт строительства зданий с применением эффективных теплоизоляционных материалов. Однако, для его использования необходимо было бы провести анализ, в ходе которого установить:

- признаки сходства строительства и эксплуатации зданий в нашей стране и за рубежом;
- существенность сходных признаков;
- признаки различия строительства и эксплуатации зданий в нашей стране и за рубежом;
- несущественность признаков различия;
- эффективность изучаемого опыта.

Никакого анализа такого рода в отечественной научно-технической литературе не встречалось. И это несмотря на то, что в стране продолжает действовать множество научно-исследовательских организаций экономического направления.

Одним из существенных признаков является подобие (сходство) условий окупаемости мероприятий по повышению теплозащиты зданий в нашей стране и за рубежом. Если такого подобия нет, то нельзя бездумно перенимать для России опыт зарубежных стран.

На основании изложенных автором в [2, 3] подходов в настоящей публикации рассматриваются вопросы эконо-

мической целесообразности утепления ограждающих конструкций до уровня, превосходящего санитарно-гигиенические требования. При этом часть данных, приведенных для иллюстрации тех или иных положений, относится к периоду написания [2].

Метод минимума приведенных затрат

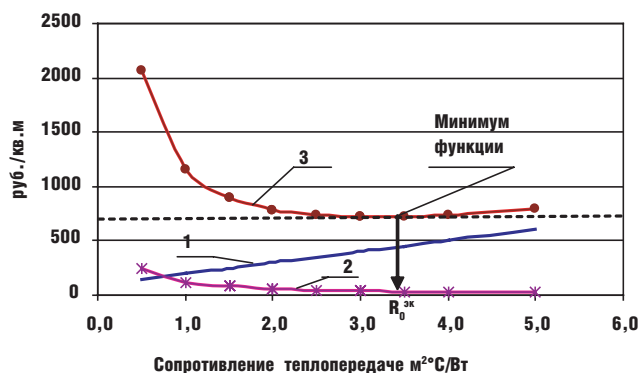
При рассмотрении экономических аспектов повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций с целью энергосбережения традиционно исходили из следующей модели. Инвестор осуществляет единовременные вложения K на строительство 1 м^2 ограждающей конструкции. Годовые затраты на компенсацию теплопотерь через 1 м^2 этой конструкции зависят от ее сопротивления теплопередаче и составляют величину $\dot{Q}$. Суммарные затраты на строительство и эксплуатацию конструкции в течение T лет (приведенные затраты) составляют:

$$P = K + T \cdot \dot{Q}. \quad (1)$$

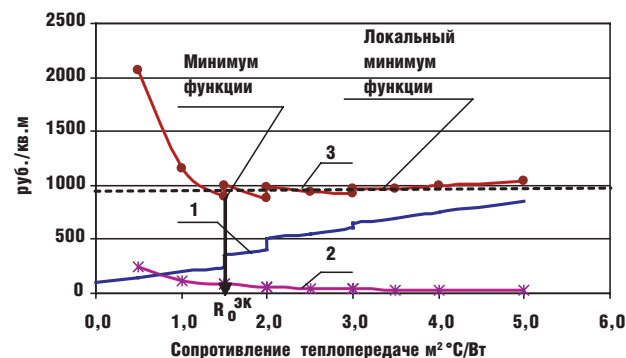
Задача заключается в минимизации величины P . На минимизации приведенных затрат основаны методы расчета «экономически целесообразного», «оптимального» и т.д. сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, например, подробно рассмотренные Л.Д. Богуславским в [4] и еще, по крайней мере, в шести его книгах. В этих методах величины K и $\dot{Q}$ выражаются в виде функций от сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, которое принимается в качестве независимой переменной¹. Затем находится производная P по указанной переменной и значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, при котором эта производная равна нулю. Это значение сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции считается «экономически целесообразным» (рис. 1а).

Эти методы в настоящее время нельзя признать удовлетворительными. Прежде всего, следует отметить, что они совершенно не рассчитаны на то, что ограждающая конструкция может качественно изменяться при изменении ее сопротивления теплопередаче в широком диапазоне. Следовательно, при непрерывном изменении R_0 между значениями 1 и $5 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ функция K будет иметь разрывы, обусловленные изменением конструкции стены (при изменении проекта, при изменении парка форм, при изменении связей и других деталей конструкции и т.д.) (рис. 1б). При этом функция K , а следовательно и P , на рассматриваемом отрезке изме-

¹ В некоторых вариантах рассматриваемого метода в качестве переменной принимается толщина слоя теплоизоляции или величина, пропорциональная этой толщине.



а) Идеализированное рассмотрение (неверное)



б) Неидеализированное рассмотрение (реальное)

Рис. 1. Схема определения экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции.

1 – единовременные затраты; 2 – годовые затраты на отопление; 3 – приведенные затраты за срок окупаемости.

нения R_0 не будут являться дифференцируемыми, следовательно, нельзя искать минимум функции Π путем ее дифференцирования. Этот факт отмечен практически в любом учебнике математики для первого семестра технического вуза, например [5]. Иными словами, «минимум», найденный таким образом, является локальным и не является действительным минимумом функции на рассматриваемом отрезке (рис. 16). Другой недостаток рассматриваемых методов заключается в волюнтаристском выборе параметра T , который принимается на основании каких-либо посторонних соображений, раньше это был «нормативный срок окупаемости», равный 8, а затем 12 годам. В формуле вида (1) вместо T используется «коэффициент учета эксплуатационных затрат с приведением (дисконтированием) затрат будущих лет к начальному периоду времени», этот коэффициент вычисляется с использованием двух параметров: «норматива приведения» E и «расчетного периода учета эксплуатационных затрат» n [1, приложение Д]. Значение E принято равным 0,1 без всякого обоснования, а значение n принято равным 30 годам «согласно постановлению Правительства Москвы (№ 1036)». При таких значениях параметров коэффициент дисконтирования получился равным 9,5. Таким образом, этот коэффициент взят также волюнтаристски, а сам расчет проведен как бы со сроком окупаемости, равным 9,5 годам. Кроме того, цена тепловой энергии в этих расчетах существенно завышена против действующей. Результаты таких расчетов нельзя признать научно обоснованными (в крайнем случае, их можно ограниченно использовать только при сопоставлении некоторых вариантов конструкций), поскольку они опираются на ошибочную математическую модель, а данные для расчетов обоснованы «постановлением Правительства Москвы (№ 1036)» и другими волюнтаристскими решениями.

Математическая модель условий окупаемости затрат на повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций не может быть принято меньше значения, опреде-

ленного из санитарно-гигиенических требований. Поэтому если имеется некоторый базовый (нулевой) вариант с минимальным допустимым сопротивлением теплопередаче R_0^0 , например с сопротивлением теплопередаче, не превышающим санитарно-гигиенические требования, то минимизируется разность приведенных затрат $\Delta\P$ других вариантов относительно базового варианта:

$$\Delta\P = (K_1 - K_0) - T(\Theta_0 - \Theta_1) = \Delta K - T \Delta \Theta. \quad (2)$$

При этом ΔK представляет собой единовременные затраты на дополнительное утепление конструкции, а $\Delta \Theta$ — экономию средств на отопление, обусловленную дополнительным утеплением. Если ограждающая конструкция обладает достаточной долговечностью, то дополнительные единовременные затраты окупаются при значении T_0 , определяемом из условия $\Delta\P = 0$ формулой:

$$T_0 = \Delta K / \Delta \Theta. \quad (3)$$

Величина T_0 представляет собой период окупаемости. В рамках рассмотренной модели, при отсутствии платы за кредит банка, единовременные затраты на дополнительное утепление обязательно окупятся, хотя, возможно, и в течение довольно длительного срока (рис. 2).

Иная ситуация получается, если учитывать платежи за кредит банка (процентную ставку) по затратам на дополнительное утепление ограждающей конструкции. В этом случае можно приводить затраты будущих лет к начальному периоду времени (метод дисконтирования) или приводить единовременные затраты и эксплуатационные расходы к некоторому моменту времени в будущем (метод компаундинга) [6]. Оба метода дают одинаковый результат. Опыт показывает, что применение соответствующих формул, хорошо известных в экономике, является непонятным для инженеров, вследствие чего остаются непонятными и последующие выводы. Поэтому в данной статье вывод всех уравнений выполнен «с нуля», при этом результат получен тот же, что и при использовании указанных формул.

При дальнейшем рассмотрении предполагается:

1. Процентная ставка при заимствовании равна процентной ставке при инвестировании.
2. Лимит при получении кредита отсутствует.