



ОБ ОКУПАЕМОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЗАЩИТЫ НЕСВЕТОПРОЗРАЧНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

О. Д. Самарин, канд. техн. наук (МГСУ)

Проведем технико-экономическое сравнение двух вариантов теплозащиты наружных ограждений для здания средней школы при различных параметрах наружного климата. Для условий г. Москвы соответствующий расчет был ранее проведен автором в работе [1]. Площади ограждающих конструкций принимаем по чертежам [2]. Они равны: $F_{\text{нс}} = 1014 \text{ м}^2$ (наружная стена), $F_{\text{пт}} = F_{\text{пл}} = 1397 \text{ м}^2$ (покрытие и перекрытие над техподпольем), $F_{\text{ок}} = 464 \text{ м}^2$ (окна). Считаем внутреннюю температуру $t_{\text{в}} = +18^\circ\text{C}$ по требованиям [3], градусо-сутки отопительного периода $D_{\text{д}}$ будем варьировать в пределах от 3000 до 10000 К·сут, что отвечает климатическим условиям большей части территории РФ по данным [4]. В первом варианте возьмем сопротивления теплопередаче по данным таблицы 4 [5] для выбранных значений $D_{\text{д}}$, во втором — с допустимым снижением в соответствии с п.5.13 [5], т.е. на 37% для наружной стены и на 20% — для покрытия и перекрытия над техподпольем.

В качестве теплоизоляционного материала используем плиты минераловатные П-125 со стоимостью $C_{\text{ти}} = 1550 \text{ руб/м}^3$ по среднерыночным ценам 2008 года и теплопроводностью $\lambda_{\text{ти}} = 0.064 \text{ Вт/(м·К)}$ для условий эксплуатации «Б» по прил.3 [6]. Принимаем коэффициенты теплотехнической однородности для стены $r_{\text{нс}} = 0.7$, для покрытия и перекрытия над техподпольем $r_{\text{пт}} = r_{\text{пл}} = 0.95$. Стоимость тепловой энергии по данным ОАО «МОЭК» в 2008 году для жилых зданий $C_{\text{т}} = 903.5 \text{ руб/Гкал}$. Считаем добавочные коэффициенты к основным теплопотерям $\beta_1 = 1.10$ и $\beta_2 = 1.13$ как для общественного протяженного здания [5]. Расчетный срок эксплуатации $T_{\text{ам}} = 50$ лет. В данном случае разницей в расходе электроэнергии на системы отопления и в заработной плате рабочих можно пре-

небречь, поэтому годовые эксплуатационные затраты $\Theta = \Theta_{\text{ам}} + \Theta_{\text{т.от}}$ (на амортизацию и тепловую энергию). Кроме того, предполагаем в первом приближении, что значения $C_{\text{ти}}$ и $C_{\text{т}}$ в различных регионах изменяются согласованно, так что исследование окупаемости можно вести, опираясь на единый уровень цен и тарифов. Многовариантные вычисления производились по разработанной автором программе для ЭВМ на языке Fortran-6.6 фирмы Compaq. Результаты расчетов сводим в таблицу 1:

Здесь $\Delta V_{\text{ти}} = V_{\text{ти.1}} - V_{\text{ти.2}}$ и $\Delta K_{\text{ти}} = K_{\text{ти.1}} - K_{\text{ти.2}}$ — разность объема теплоизоляционного материала в конструкциях несветопрзрачных ограждений здания для 1-го и 2-го варианта и соответствующее увеличение стоимости теплоизоляции в 1-м случае; $\Delta \Theta_{\text{ам}} = \Theta_{\text{ам.2}} - \Theta_{\text{ам.1}}$ и $\Delta \Theta_{\text{т.от}} = \Theta_{\text{т.от.2}} - \Theta_{\text{т.от.1}}$ — соответственно разницы годовых амортизационных отчислений между вариантами и дополнительные расходы на тепловую энергию во 2-м случае. Величина $\Delta \Theta_{\text{ам}} < 0$, поскольку $\Theta_{\text{ам}}$ пропорциональны капитальным затратам, а у нас $K_{\text{ти.2}} < K_{\text{ти.1}}$.

Для наглядности в левой колонке таблицы 1 приведены ориентировочные значения расчетной температуры наружного воздуха в холодный период года для наиболее холодной пятидневки $t_{\text{н5}}$ обеспеченностью 0.92. При этом было использовано корреляционное соотношение между $t_{\text{н5}}$ и $D_{\text{д}}$, установленное ранее автором в работе [7]:

$$D_{\text{д}} = (2.05 \pm 0.18)(t_{\text{в}} - t_{\text{н5}})^2.$$

В последней колонке таблицы 1 указан расчетный бездисконтный срок окупаемости T_0 дополнительных капитальных вложений в теплоизоляцию для 1-го варианта по сравнению со 2-м, равный, очевидно, $\Delta K_{\text{ти}} / \Delta \Theta$, где $\Delta \Theta = \Delta \Theta_{\text{ам}} + \Delta \Theta_{\text{т.от}}$ — суммарные дополнительные годовые эксплуатационные издержки во 2-м варианте по сравнению с 1-м. Зависимость T_0 от $D_{\text{д}}$ приведена на рис. 1 сплошной линией.

Из графика видно, что величина T_0 везде достаточно велика и даже в оптимальном случае не становится ниже 13 лет. Заметим также, что минимум кривой на рис.1 приходится на

Таблица 1. Техничко-экономические показатели здания при сравнении вариантов теплоизоляции несветопрзрачных ограждений

$t_{\text{н5}}, ^\circ\text{C}$	$D_{\text{д}}, \text{К·сут}$	$\Delta V_{\text{ти}}, \text{м}^3$	$\Delta K_{\text{ти}}, \text{руб}$	$\Delta \Theta_{\text{ам}}, \text{руб/Г.}$	$\Delta \Theta_{\text{т.от}}, \text{руб/Г.}$	$T_0, \text{Г.}$
- 20	3000	172	266424	- 7993	27883	13.39
- 23	3500	184	284954	- 8549	30397	13.04
- 26	4000	196	303485	- 9105	32602	12.92
- 29	4500	208	322015	- 9660	34552	12.94
- 31	5000	220	340545	- 10216	36288	13.06
- 34	5500	232	359075	- 10772	37844	13.26
- 36	6000	244	377605	- 11328	39246	13.53
- 38	6500	256	396136	- 11884	40516	13.84
- 40	7000	268	414666	- 12440	41672	14.19
- 42	7500	279	433196	- 12996	42729	14.57
- 44	8000	291	451726	- 13552	43699	14.98
- 46	8500	303	470256	- 14108	44592	15.43
- 48	9000	315	488786	- 14664	45417	15.89
- 50	9500	327	507316	- 15219	46181	16.39
- 52	10000	339	525847	- 15775	46892	16.9



значение D_d , примерно равное 4300 К·сут, что в целом соответствует климатическим условиям г. Москвы по данным [4]. Вероятно, это может свидетельствовать о том, что требования [5] изначально были определены, исходя именно из такого уровня параметров наружного воздуха, без должной экстраполяции на их другие сочетания. Впрочем, даже здесь теплозащита по 1-му варианту представляется существенно завышенной, судя по вычисленному значению T_0 .

При этом, начиная с $D_d = 5000$ К·сут, срок окупаемости начинает монотонно возрастать. На первый взгляд, такая тенденция выглядит парадоксально, но при внимательном анализе можно заметить следующее. В соответствии с данными таблицы 4 [5] сопротивления теплопередаче несветопрозрачных конструкций, а значит, и их разность между сравниваемыми вариантами, определяющая объем и стоимость теплоизоляции, связаны с D_d линейной зависимостью вида $a \cdot D_d + b$. Поэтому $\Delta K_{\text{ти}}$ практически пропорциональна D_d . В то же время годовые затраты на тепловую энергию, составляющие основную часть эксплуатационных расходов, зависят не только от D_d , но и от коэффициентов теплопередачи ограждений, которые убывают с ростом D_d . В результате этого сумма $\Delta \mathcal{E}$ увеличивается более медленно, особенно если учесть, что ее компоненты $\Delta \mathcal{E}_{\text{ам}}$ и $\Delta \mathcal{E}_{\text{т.от}}$ имеют противоположные зна-

ки, а $\Delta \mathcal{E}_{\text{ам}}$ вычисляется через значение $\Delta K_{\text{ти}}$.

Для сравнения пунктирной линией на рис.1 показана зависимость T_0 при использовании в качестве теплоизоляционного материала экструдированного пенополистирола с $\lambda_{\text{ти}} = 0.031$ Вт/(м·К) по [6] для условий эксплуатации «Б» и $C_{\text{ти}} = 3500$ руб/м³ по среднерыночным ценам 2008 года. Мы видим, что характер получаемой кривой в целом такой же, как и для минераловатных плит, только срок окупаемости становится еще больше — как минимум 14.6 лет, потому что прирост стоимости материала оказывается в данном случае более существенным, чем уменьшение его объема вследствие снижения теплопроводности. Вообще нужно заметить, что подобное соотношение между стоимостью и теплопроводностью теплоизоляции при современном уровне цен и тарифов является достаточно типичным, поскольку имеет под собой объективную основу — усложнение технологии производства для более эффективных с теплотехнической точки зрения изделий. Поэтому может оказаться экономически более оправданным применение материалов, хотя и с большей $\lambda_{\text{ти}}$, зато относительно более дешевых.

Таким образом, можно сделать вывод, что в районах с более суровым климатом дополнительное повышение теплозащитных свойств несветопрозрачных ограждающих конструк-

ций становится все более экономически невыгодным, во всяком случае, в рамках диапазона сопротивлений теплопередаче, допускаемых в [5]. При учете дисконтирования затрат дополнительная теплоизоляция в 1-м варианте по сравнению со 2-м не окупится вообще никогда, поскольку упущенная за год выгода от вложения средств в энергосбережение вместо размещения их в банке больше, чем годовая экономия эксплуатационных расходов. Это видно из того обстоятельства, что величина T_0 во всех рассмотренных случаях превышает отношение $100/p$, где p — норма дисконта, % годовых, принимаемая в размере не ниже ставки рефинансирования ЦБ РФ [8]. При повышении уровня p , что имеет место в последние месяцы, справедливость данного вывода еще более усиливается. Поэтому к дальнейшей разработке должен приниматься 2-й вариант с уменьшенным уровнем теплозащиты.

Библиографический список:

1. О. Д. Самарин. Об уровне теплозащиты несветопрозрачных ограждающих конструкций и о подходах к ее нормированию. — в кн. «Современные фасадные системы: эффективность и долговечность» (Сб. докл. конф. МГСУ, 2008. с. 60-64.)
2. Строительный каталог. Перечень типовой документации общественных зданий для строительства в городах и поселках городского типа. М.: ГУП ЦПП, 1994.
3. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: ГУП ЦПП, 1999.
4. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». М., ГУП ЦПП, 2004.
5. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». М.: ГУП ЦПП, 2003.
6. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». М.: ГУП ЦПП, 2004.
7. О. Д. Самарин. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. М.: Изд-во АСВ, 2009. 296 с.
8. В. Г. Гагарин. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Строительные материалы, №8. 2008 г. С. 2-8.

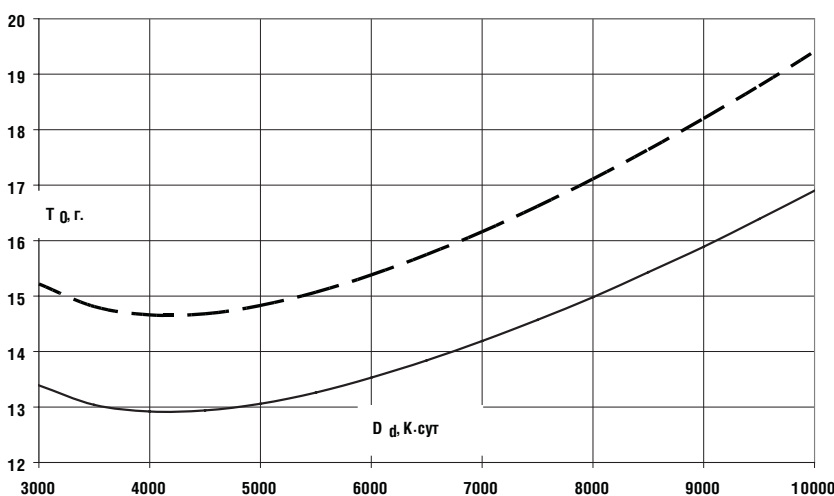


Рис.1. Зависимость величины T_0 от D_d для здания средней школы при использовании различных теплоизоляционных материалов