

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НАРУЖНОГО СТЕНОВОГО ОГРАЖДЕНИЯ

Черноиван В.Н., Новосельцев В.Г., Черноиван Н.В., Кредько В.А.
Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vgnovoseltsev@yandex.ru

The substantiation of size of thermal resistance to a heat transfer at designing external walls - is presented in the paper.

Введение

Взвешенный подход к повышению теплозащитных характеристик ограждающих конструкций был нарушен, когда в 2009 г. вступили в действие Изменения №1 [1], согласно которым рекомендованное нормативное сопротивление теплопередаче ($R_{T \text{ норм}}$) при проектировании зданий и сооружений для наружных стен из штучных материалов (кирпич, шлакоблоки и т.п.) увеличилось в 1,6 раза: с $2,0 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [2] до $3,2 \text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [1].

Следует отметить, что столь существенное повышение $R_{T \text{ норм}}$ не было обеспечено проектными решениями ограждающих конструкций с таким уровнем теплозащиты, и в первую очередь, несущих стен из штучных материалов. Рекомендуемая к массовому применению «модернизированная» конструкция многослойной кирпичной кладки стен с плитным утеплителем, закрепленным гибкими связями из стеклопластика [3], ввиду технологических сложностей возведения стен толщиной 690 мм из такой кладки и отсутствия на сегодня требуемого количества квалифицированных каменщиков, не позволяет обеспечить требуемые тепло-технические характеристики наружного ограждения [4].

Отсутствие в нормативных документах Республики Беларусь [1, 2, 5], значения заявленных значений нормативного сопротивления теплопередаче для ограждающих конструкций ($R_{T \text{ норм}}$), исключают из процесса участия в разработке энергосберегающих мероприятий по повышению теплозащиты ограждающих конструкций зданий и сооружений большой отряд специалистов-практиков: проектировщиков, строителей, организации занимающиеся эксплуатацией зданий и сооружений.

Следовательно, при решении проблемы повышения уровня теплозащиты зданий и сооружений обоснование принимаемой при проектировании ограждающих конструкции величины термического сопротивления теплопередаче является актуальной задачей.

Оценка зависимости теплопотерь от величины сопротивления теплопередаче

Анализ публикаций по данной проблеме [6,7] позволил установить, что в качестве основного критерия при назначении значения сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции является величина теплопотерь через 1 м^2 данной ограждающей конструкции.

Величина годовых теплопотерь (Q) через 1 м^2 ограждающей конструкции вычисляется по следующему выражению:

$$Q = \frac{0.024 \cdot \text{ГСОП}}{R_o}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2 \text{ год}) \quad (1)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$.

Количество градусо-суток отопительного периода определяют по формуле (приложение А п.А.5 [8]):

$$\text{ГСОП} = (t_e - t_{н.ом.}) \cdot Z_{ом} \quad (2)$$

где $t_{н.ом.}$, $Z_{ом}$ – средняя за отопительный период температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, и продолжительность отопительного периода, сут; t_e – средневзвешенная по объему здания расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$; Q – годовые теплопотери через 1 м^2 конструкции, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2 \text{ год})$; R_o – приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Сравнивая приведенные в таблице 4.4 [5] продолжительности отопительного периода для всех шести областей Республики Беларусь, можно сделать следующий вывод. Продолжительность отопительного периода для трех областей (Брестская, Гродненская, Гомельская) более чем на 10% меньше чем для Витебской, Минской и Могилевской области. Следует отметить, что несмотря на это обстоятельство, нормативное сопротивление теплопередаче для наружных стен зданий равно $3,2 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ рекомендовано (табл.5.1 [1]) для всех областей Республики Беларусь. Исходя из изложенного выше, а также, учитывая актуальность проблемы энергосбережения в строительстве, выполним анализ влияния продолжительности отопительного сезона на зависимость между теплопотерями через 1 м^2 наружного ограждения и приведенным сопротивлением теплопередаче конструкции.

Для выполнения сравнительного анализа были взяты Брестская и Витебская области. Такой выбор обусловлен тем, что разница продолжительности отопительного периода между ними составляет 20 суток (табл. 4.4 [5]), что является максимальным значением из всех шести областей Республики Беларусь.

В качестве базы для проведения сравнительного анализа являются построенные авторами графики зависимости теплопотерь через 1 м^2 ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередаче конструкции. Учитывая, что в открытой печати отсутствуют статистические данные о полученной в стране экономии энергии на отопление зданий с переходом нормативного сопротивления теплопередаче наружного стенового ограждения зданий и сооружений с $2,0 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ [2] до $3,2 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ [1], исследования были выполнены для выше указанных границ $R_{Т \text{ норм}}$ (рис.1 а, б).



а)



б)

а - для климатический условий Брестской области; б - для климатический условий Витебской области

Рисунок 1 - Зависимость теплопотерь через 1 м² ограждающей конструкции от приведенного сопротивления теплопередаче

Согласно построенным графикам (рис.1 а, б) теплопотери через 1м² ограждающей конструкции для зданий, эксплуатируемых в Брестской области, составляют:

- термическое сопротивление теплопередаче стен 2,0 м²×⁰С/Вт – 40 кВт·ч/(м²·год);

- термическое сопротивление теплопередаче стен 3,2 м²×⁰С/Вт – 25 кВт·ч/(м²·год).

Теплопотери через 1 м^2 ограждающей конструкции для зданий, эксплуатируемых в Витебской области, составляют:

- термическое сопротивление теплопередаче стен $2,0\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ – $50\text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$;
- термическое сопротивление теплопередаче стен $3,2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ – $31\text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$.

На момент написания статьи тариф на тепловую энергию для нужд отопления и горячего водоснабжения составлял 300000 рублей (полное возмещение затрат) за 1 Гкал (Постановление Совета министров № 1166 от 30 декабря 2013 года). Таким образом, для климатических условий Брестской области при переходе с $2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ на $3,2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ экономия тепловой энергии составит $0,0129\text{ Гкал} \cdot 300000\text{ рублей} = 3870\text{ рублей}$ на 1 м^2 ограждения в год. Для климатических условий Витебской области при переходе с $2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ на $3,2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ экономия тепловой энергии составит $0,01634\text{ Гкал} \cdot 300000\text{ рублей} = 4902\text{ рублей}$ на 1 м^2 ограждения в год, что на 21% меньше чем для Брестской области.

Для проведения сравнительного анализа целесообразности увеличения нормативного сопротивления теплопередачи наружного стенового ограждения зданий и сооружений в 1,6 раза были выполнены расчеты экономии энергии на отопление зданий с переходом нормативного сопротивления теплопередачи наружного стенового ограждения зданий и сооружений с $2,0\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [2] до $3,2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [1].

Для примера взят жилой трехэтажный двухподъездный дом (ширина 12м, длина 36м) и для него рассчитаны основные и добавочные теплопотери в среднем в течение отопительного сезона (только через ограждения без учета нагрева инфильтрующегося воздуха и бытовых тепловыделений):

Вариант 1 - здание расположено в Бресте при приведенном термическом сопротивлении теплопередаче стен $3,2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Суммарные теплопотери составили 11111 Вт (теплопотери стен составляют 5674Вт – 51%).

Вариант 2 - здание расположено в Бресте при приведенном термическом сопротивлении теплопередаче стен $2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Суммарные теплопотери составили 14330 Вт (теплопотери стен составляют 9457 Вт – 66%).

За год сэкономим на тепловой энергии при переходе с 2 на 3,2 для здания, расположенного в Бресте $9457-5674=3783\text{ Вт}\cdot 24\text{ часа}\cdot 187\text{ суток}/(1,16\cdot 1000\cdot 1000) = 14,6\text{ Гкал} \cdot 300000\text{ рублей} = 4.379.000\text{ рублей}$.

Вариант 3 - здание расположено в Витебске при приведенном термическом сопротивлении теплопередаче стен $3,2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Суммарные теплопотери составили 12445 Вт (теплопотери стен составляют 6348 Вт – 51%).

Вариант 4 - здание расположено в Витебске при приведенном термическом сопротивлении теплопередаче стен $2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Суммарные теплопотери составили 16044 Вт (теплопотери стен составляют 10580 Вт – 66%).

За год сэкономим на тепловой энергии при переходе с 2 на 3,2 для здания, расположенного в Витебске $10580-6348=4232\text{ Вт}\cdot 24\text{ часа}\cdot 187\text{ суток}/(1,16\cdot 1000\cdot 1000) = 16,37\text{ Гкал} \cdot 300000\text{ рублей} = 4.907.000\text{ рублей}$.

Для климатических условий Витебской области при переходе с $2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ на $3,2\text{ м}^2 \times ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ экономия тепловой энергии для здания оказалась на 10,8% меньше чем для Брестской области.

Следует отметить, что с ростом этажности здания за счет небольших потерь теплоты промежуточными этажами, по сравнению с первым и последним этажом, экономия тепловой энергии будет иметь другие значения. Для оценки этих значений взят жилой десятиэтажный двухподъездный дом тех же размеров, что и трехэтажный (ширина 12м, длина 36м) и для него аналогично рассчитаны основные и добавочные теплотопотери:

Вариант 1 - здание расположено в Бресте при приведенном термическом сопротивлении теплопередаче стен $3,2 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$. Суммарные теплотопотери составили 28000 Вт (теплотопотери стен составляют 17959 Вт – 64%).

Вариант 2 - здание расположено в Бресте при приведенном термическом сопротивлении теплопередаче стен $2 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$. Суммарные теплотопотери составили 38095 Вт (теплотопотери стен составляют 29932 Вт – 78%).

За год сэкономим на тепловой энергии при переходе с 2 на 3,2 для здания, расположенного в Бресте $29932 - 17959 = 11973 \text{ Вт} \cdot 24 \text{ часа} \cdot 187 \text{ суток} / (1,16 \cdot 1000 \cdot 1000) = 46,3 \text{ Гкал} \cdot 300000 \text{ рублей} = 13.889.000 \text{ рублей}$.

Вариант 3 - здание расположено в Витебске при приведенном термическом сопротивлении теплопередаче стен $3,2 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$. Суммарные теплотопотери составили 31352 Вт (теплотопотери стен составляют 20089 Вт – 64%).

Вариант 4 - здание расположено в Витебске при приведенном термическом сопротивлении теплопередаче стен $2 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$. Суммарные теплотопотери составили 42637 Вт (теплотопотери стен составляют 33484 Вт – 78%).

За год сэкономим на тепловой энергии при переходе с 2 на 3,2 для здания, расположенного в Витебске $33484 - 20089 = 13395 \text{ Вт} \cdot 24 \text{ часа} \cdot 187 \text{ суток} / (1,16 \cdot 1000 \cdot 1000) = 51,8 \text{ Гкал} \cdot 300000 \text{ рублей} = 15.538.000 \text{ рублей}$.

Для климатических условий Витебской области при переходе с $2 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$ на $3,2 \text{ м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$ экономия тепловой энергии для здания оказалась на 10,6% меньше чем для Брестской области.

Необходимо также принять во внимание следующий факт: расчетные температуры воздуха, приведенные в табл. 4.4 [5], и используемые для определения тепловых потерь здания в течение отопительного периода, более 15 лет не корректировались с учетом изменения климата. Например, по данным многолетних наблюдений (с 1960 по 2009 год) средняя температура за период с октября по март для Бреста $+0,8^\circ\text{C}$, для Гродно составляет $-1,1^\circ\text{C}$, для Витебска $-2,2^\circ\text{C}$ и т.д. Это означает, что реальные теплотопотери зданий в течение отопительного сезона могут несколько отличаться от приведенных в статье расчетных как в одну, так и в другую сторону, однако на общие выводы эти изменения повлияют незначительно.

Таблица 4.4 [5]

Область	Средняя температура наружного воздуха $t_{н}, \text{°C}$
Брестская	0,2
Витебская	-2,0
Гродненская	-0,5

Примечание – Данные для среднесуточной температуры наружного воздуха начала отопительного периода 8 °C .

Выводы

Результаты выполненных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. необходима корректировка нормативного сопротивления теплопередаче ($R_{\text{норм}}$) при проектировании зданий и сооружений с учетом различных расчетных температур наружного воздуха по областям;
2. необходимо проведение дальнейших исследований для определения целесообразного сопротивления теплопередаче с учетом стоимости утеплителя и работ по его монтажу.

Список литературы

1. Изменение №1 ТКП 45-2.04-43-2006(02250). Утверждено и введено в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 29 декабря 2008 г. № 484.
2. СНБ 2.04.01-97 Строительная теплотехника. – Мн.: Минстройархитект. РБ, 1998. – 32 с.
3. ТТК-26. Типовая технологическая карта на многослойную кирпичную кладку наружных стен толщиной 640 мм с утеплением пенополистиролом толщиной 100 мм и воздушной прослойкой 40 мм со стеклопластиковыми связями. – Минск: ПК «Минскстрой», УП «Оргтехстрой», 2001. – 55 с.
4. Черноиван, В.Н. К оценке эксплуатационной эффективности многослойной кирпичной кладки несущих стен с плитным утеплителем/ В.Н. Черноиван, В.Г. Новосельцев, Н.В. Черноиван, Ковенько Ю.Г., Матвиенко Е.В. // Строительная наука и техника. – 2013. – № 2 (43) – С. 27–31.
5. ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитект РБ., 2007. – 32 с.
6. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2010. №3. С. 8-16.
7. Гагарин В.Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы. 2008. №9. С. 41-47.
8. СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.

УДК 621.311.25

АНАЛИЗ СИСТЕМ СЛЕЖЕНИЯ ДЛЯ ГЕЛИОУСТАНОВОК

Янчилин П.Ф.

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, vig_bstu@tut.by

The article describes the classification of solar power plants. The analysis of various systems of tracking of solar power plants behind the Sun is made, presents the results of a comparison of their performance and cost.

Введение

Солнечное излучение (СИ) может быть относительно легко преобразовано в тепловую, механическую и электрическую энергию, а также использовано в химических и биологических процессах. Солнечные энергетические установки (СЭУ) работают в системах отопления и охлаждения жилых, общественных и