

Анализ и расчет теплозащитных свойств наружных стен малоэтажных жилых зданий (на примере малоэтажной жилой застройки 1930-50х гг. г. Магнитогорска)
Антонова Ю. В.¹, Шахмаева К. Е.², Гудовичев В. В.³, Раенко А. В.⁴, Борчев К. С.⁵, Саралидзе З. У.⁶, Соколов С. В.⁷

¹Антонова Юлия Валерьевна / Antonova Yuliya Valeryevna – ассистент;

²Шахмаева Ксения Евгеньевна / Shakhmaeva Ksenia Evgenievna – старший преподаватель, кафедра проектирование зданий и строительных конструкций, ИСАиИ, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск;

³Гудовичев Владимир Викторович / Gudovichev Vladimir Viktorovich – ведущий инженер;

⁴Раенко Александр Валентинович / Raenko Alexander Valentinovich. – эксперт;

⁵Борчев Кирилл Сергеевич / Borchev Kirill Sergeevich – эксперт;

⁶Саралидзе Заза Уманкович / Saralidze Zaza Umankovich – ведущий инженер;

⁷Соколов Сергей Васильевич / Sokolov Sergey Vasilevich - ведущий инженер, АО НПЦ «Эталон», г. Москва

Аннотация: повышение теплозащиты эксплуатируемых жилых зданий на сегодняшний день является одной из основных задач реконструкции. С этой целью нормативные значения приведенного сопротивления теплопередачи повышались несколько раз¹ и на настоящий момент они выросли 2,5...3,5 раза.

Ключевые слова: теплотехнический расчет, теплозащита, здание, теплопередача, сопротивление теплопередачи.

Для жилых зданий, построенных в 1930-50е гг. был произведен теплотехнический расчет с учетом всех особенностей. (Приложение 1 и 2) Из конструктивных особенностей наружных стен видно, что материал кладки является неоднородной. Приведенное сопротивление теплопередаче R_{0}^r , м² °С/Вт, неоднородной ограждающей конструкции или ее участка (фрагмента) согласно [12] следует определять по формуле:

$$R_{0}^r = \frac{n(t_{int} - t_{ext})A}{Q},$$

где А – площадь неоднородной ограждающей конструкции или ее фрагмента, м², по размерам с внутренней стороны, включая откосы оконных и дверных проемов;

Q – суммарный тепловой поток через конструкцию или ее фрагмент площадью А, Вт, определяемый на основе расчета температурного поля на ЭВМ либо экспериментально по ГОСТ 26254 или ГОСТ 26602.1, с внутренней стороны;

n, t_{ext} , t_{int} – то же, что в приложении 1.

Расчет температурных полей и вычисление площадей фрагментов представляет наибольшую сложность в расчетах из-за того, что наружные стены выполнены из смешанной кладки двух совершенно разных по характеру материалов. Поэтому было предложено выполнить теплотехнические расчеты отдельно для стены из керамического кирпича и шлакоблока. Из расчета видно, что приведенное сопротивление теплопередаче на сегодняшний момент значительно ниже, а именно в 3,5 раза меньше современной нормы.

Следовательно, необходимо усиление теплозащиты жилых зданий, для того чтобы, ограждающие конструкции удовлетворяли современным требованиям [12] по теплозащите и обеспечивали необходимые комфортные условия для проживания населения. Таким образом, толщина кладки является недостаточной для обеспечения требуемого приведенного сопротивления теплопередаче. То есть, необходимо увеличить толщину стены или включить в реконструируемую конструкцию слой теплоизолирующего материала.

Решить задачи связанные с обеспечением теплозащитных свойств наружных стен, с соблюдением санитарно-гигиенических условий, а также с точки зрения энергосберегающих факторов можно путем совершенствования общих конструктивных решений. Изменения должны происходить не только с точки зрения обеспечения необходимой теплозащиты, но и в сторону повышения прочностных качеств наружных стен. Утепление наружных ограждающих конструкций может достигаться за счет утолщения

¹ Впервые Постановлением Министерства строительства Российской Федерации от 11 августа 1995г. Приняты и введены Изменения №3 к СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника», затем в 2000г. Госстроем России введены СП 23-101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий» и с 1 октября 2003г. по настоящее время действует СНиП «Тепловая защита зданий».

теплоизоляционного слоя, но при определенном значении толщины теплоизоляции ее дальнейшее увеличение становится экономически нецелесообразным. Повысить теплозащитные качества ограждений можно уменьшением воздухопроницаемости. Это, с одной стороны, снижает теплопотери, а с другой - ухудшает воздушный режим помещений.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Теплотехнический расчет наружной стены из керамического кирпича.

Исходные данные:

а) конструктивные:

- тип здания - малоэтажный жилой дом;
- начало реконструкции – 2010 год;
- тип ограждающей конструкции – наружные стены жилых помещений представляют собой кладку из сплошного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной $\delta_2 = 0,54$ м и плотностью $\rho_0 = 1800$ кг/м³. Стены оштукатурены с обеих сторон цементно-известково-песчаным раствором плотностью $\rho_0 = 1700$ кг/м³. Толщина каждого слоя штукатурки $\delta_{1,3} = 0,025$ м.

б) Параметры микроклимата помещения:

- расчетная средняя температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20$ °С [14, табл.1];
- расчетная относительная влажность внутреннего воздуха $\phi_{int} = 55\%$ [14, табл.1];
- влажностный режим помещения – нормальный [12, табл. 1].

б) Климатическая характеристика района строительства:

- населенный пункт – г. Магнитогорск (СНиП [14] не содержит сведений по климатическим характеристикам данного населенного пункта, поэтому в соответствии с п. 1.2 [14] для расчета принимаем данные для ближайшего населенного пункта, а именно г. Верхнеуральска);

- расчетная температура наружного воздуха в холодный период года $t_{ext} = - 34$ °С [14, табл. 1];
- отопительный период – период со средней суточной температурой наружного воздуха не более 10 °С [14, п. 5.3];

- средняя температура наружного воздуха отопительного периода $t_{ht} = - 6,1$ °С [14, табл. 1];

- продолжительность отопительного периода, $z_{ht} = 242$ сут. [14, табл. 1];

- зона влажности – сухая; [12, прил.В].

Градусо - сутки отопительного периода [12, п. 5.3]:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})z_{ht} = (20 + 6,1) \times 242 = 6316,2^0 \text{ сут.}$$

Нормируемые сопротивления теплопередаче [12, табл.4]:

- для наружных стен

$$R_{reg}^W = a \cdot D_d + b = 0,00035 \times 6316,2 + 1,4 = 3,61 \text{ м}^2 \text{ }^0\text{C/Вт};$$

Теплотехнический расчет наружной стены существующих ограждающих конструкций

Условия эксплуатации ограждения – А [12, т. 2];

Расчетные коэффициенты теплопроводности материалов слоев [13, прил. Д]:

слой 1 и 3 - штукатурка из цементно-известково-песчаного раствора – $\lambda_{1,3} = 0,7$ Вт/(м °С);

слой 2 – кладка из сплошного керамического кирпича на цементно-песчаном растворе - $\lambda_2 = 0,76$ Вт/(м °С).

Коэффициенты теплоотдачи поверхностей ограждающей конструкции:

внутренней - $\alpha_{int} = 8,7$ Вт/(м² °С) [12, т. 7];

наружной - $\alpha_{ext} = 23$ Вт/(м² °С) [13, т. 8].

Сопротивление теплопередаче существующих наружных стен:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,025}{0,7} + \frac{0,54}{0,76} + \frac{0,025}{0,7} + \frac{1}{23} = 0,94 \text{ м}^2 \text{ }^0\text{C/Вт};$$

Приведенные сопротивления теплопередаче существующих стен ($R_o = 0,94$ м² °С/Вт) меньше нормируемых значений (соответственно $R_{reg}^W = 3,61$ м² °С/Вт), следовательно, стеновое ограждение помещений не соответствует современным требованиям по теплозащите.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Теплотехнический расчет наружной стены из шлакоблока

Исходные данные:

а) конструктивные:

- тип здания - малоэтажный жилой дом;
- начало реконструкции – 2010 год;
- тип ограждающей конструкции – наружные стены жилых помещений представляют собой кладку из шлакобетонных камней на цементно-песчаном растворе толщиной $\delta_2 = 0,54$ м и плотностью $\rho_0 = 1500$ кг/м³. Стены оштукатурены с обеих сторон цементно-известково-песчаным раствором плотностью $\rho_0 = 1700$ кг/м³. Толщина каждого слоя штукатурки $\delta_{1,3} = 0,025$ м.

б) Параметры микроклимата помещения:

- расчетная средняя температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$

[10, табл.1];

- расчетная относительная влажность внутреннего воздуха $\phi_{int} = 55\%$

[10, табл.1];

- влажностный режим помещения – нормальный [9, табл. 1].

б) Климатическая характеристика района строительства:

- населенный пункт – г. Магнитогорск (СНиП [11] не содержит сведений по климатическим характеристикам данного населенного пункта, поэтому в соответствии с п. 1.2 [11] для расчета принимаем данные для ближайшего населенного пункта, а именно г. Верхнеуральска);

- расчетная температура наружного воздуха в холодный период года $t_{ext} = - 34 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [11, табл. 1];

- отопительный период – период со средней суточной температурой наружного воздуха не более $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [9, п. 5.3];

- средняя температура наружного воздуха отопительного периода $t_{ht} = - 6,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [11, табл. 1];

- продолжительность отопительного периода, $z_{ht} = 242$ сут. [11, табл. 1];

- зона влажности – сухая; [9, прил.В].

Градусо - сутки отопительного периода [9, п. 5.3]:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht})z_{ht} = (20 + 6,1) \times 242 = 6316,2 \text{ }^{\circ}\text{сут.}$$

Нормируемые сопротивления теплопередаче [9, табл.4]:

- для наружных стен

$$R_{reg}^W = a \cdot D_d + b = 0,00035 \times 6316,2 + 1,4 = 3,61 \text{ м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт /Вт};$$

Теплотехнический расчет наружной стены существующих ограждающих конструкций

Условия эксплуатации ограждения – А [9, т. 2];

Расчетные коэффициенты теплопроводности материалов слоев [10, прил. Д]:

слой 1 и 3 - штукатурка из цементно-известково-песчаного раствора – $\lambda_{1,3} = 0,7 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$;

слой 2 – кладка из шлакобетонных камней на цементно-песчаном растворе – $\lambda_2 = 0,64 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$.

Коэффициенты теплоотдачи поверхностей ограждающей конструкции:

внутренней - $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт)}$ [9, т. 7];

наружной - $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт)}$ [10, т. 8].

Сопроотивление теплопередаче существующих наружных стен:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,025}{0,7} + \frac{0,54}{0,64} + \frac{0,025}{0,7} + \frac{1}{23} = 1,07 \text{ м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C / Вт};$$

Приведенные сопротивления теплопередаче существующих стен ($R_o = 1,07 \text{ м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$) меньше нормируемых значений (соответственно $R_{regW} = 3,61 \text{ м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C/Вт}$), следовательно, стеновое ограждение помещений не соответствует современным требованиям по теплозащите.

Литература

1. Касьянов В.Ф. «Реконструкция жилой застройки городов»: учебное пособие – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – С. 94-99.
2. Федоров В.В., Федорова Н.Н., Сухарев Ю.В. «Реконструкция зданий, сооружений и городской застройки»: учебное пособие – М.: ИНФРА – М, 2008. – С. 131–132.
3. Казаринова В.И., Павличенков В.И. Магнитогорск. М.: Стройиздат. 1961.;
4. Родин Ю.М. Каждому трудящемуся – хорошее жилище. – М., «Знание», 1974;
5. Современный дом №5 (38) 2002 (июнь) ISSN1609 – 9362. – М., 2002
6. СНиП 2.08.01-89* «Жилые здания» / Госстрой России - М.:ГУП ЦПП, 2002.-16с.
7. Шеметов А.С. Социология семьи. 1997.
8. Архитектура и строительство Москвы. 1996. № 7
9. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
10. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
11. СНиП 23-01-99*. Строительная климатология. – М.: ГУП ЦПП, 2003.
12. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: ГУП ЦПП, 1999.