

Теплотехнический расчет ограждающей конструкции жилого здания

Богаткин Максим Антонович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Одним из наиболее значимых этапов в проектировании жилого здания, является расчет ограждающих конструкций. Они отделяют пространство помещений от внешней среды. Ограждающие конструкции обеспечивают температуру, влажность, паро- и водонепроницаемость, позволяют создать внутри благоприятные и безопасные условия для жизни человека. Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций формируют затраты на отопление и вентиляцию и определяют долговечность всего здания в целом. В рамках данной статьи проведено теплотехническое расчет кирпичной стены малоэтажного жилого дома.

Ключевые слова: строительство, ограждающие конструкции, теплотехнический расчет, климатология, жилые здания.

Thermal engineering calculation of the enclosing structure of a residential building

Abstract

One of the most important stages in the design of a residential building is the calculation of the building envelope. They separate the space of the premises from the external environment. Enclosing structures provide temperature, humidity, vapor- and watertightness, allow creating favorable and safe conditions for human life inside. The thermal characteristics of building envelopes form the cost of heating and ventilation and determine the durability of the entire building as a whole. Within the framework of this article, a thermal engineering calculation of a brick wall of a low-rise residential building was carried out.

Keywords: construction, enclosing structures, heat engineering calculation, climatology, residential buildings.

1. Введение

1.1 Актуальность исследования

Одним из важнейших этапов в проектировании жилого здания, является расчет ограждающей конструкции. Они отделяют пространство помещений от внешней среды. Ограждающие конструкции обеспечивают температуру, влажность, паро- и водонепроницаемость, позволяют создать внутри благоприятные и безопасные условия для жизни человека. Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций формируют затраты на отопление и вентиляцию и определяют долговечность всего

здания в целом. На сегодняшний день большинство современных жилых зданий не обходится без теплотехнического расчёта. Учёт климатических характеристик определяет важные эксплуатационные характеристики, что прямо влияет на качество жизни человека.

1.2 Обзор исследований

Одним из основных элементов защиты конструкции здания от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды является его теплоизоляция. Очевидно, что к теплоизоляционному материалу, предназначенному для утепления цоколя и стен первого этажа, должны предъявляться особо жесткие требования, что продиктовано особенностями режима эксплуатации данных ограждающих конструкций. В процессе эксплуатации зданий влажностное состояние материалов ограждающих конструкций определяет эксплуатационные характеристики ограждающих конструкций здания, непосредственно влияет на теплозащитные свойства ограждающих конструкций и на энергоэффективность применяемых систем теплоизоляции. Этот аспект исследуется в статье А. В. Жеребцова [1]. В статье С. В. Золотых приведены пояснения как лучше, эффективнее и экономичнее выполнить утепление как многоквартирного, так и частного дома. Правильно выбранная теплоизоляция не только снизит расход тепловой энергии на отопление и затраты на кондиционирование, но также создаст комфортные условия проживания. В статье рассмотрен способ наружного утепления и случаи когда утеплителя недостаточно, когда точка росы находится в стене и чем это чревато [2]. Способ, описанный Е. Ю. Цыкановским, включает установку системы наружной теплоизоляции зданий, представляющую собой навесную фасадную систему с воздушным зазором или фасадную систему со штукатурным слоем, включающую установку и закрепление на внешней стороне стен теплоизоляционного материала, и на откосе оконного проема – дополнительного теплоизоляционного материала. В одном варианте теплоизоляционный материал устанавливается таким образом, чтобы он был выровнен по краям оконного проема, а в другом варианте – чтобы он выступал за край оконного проема не менее чем на толщину дополнительного теплоизоляционного материала. Дополнительный теплоизоляционный материал устанавливается и закрепляется на откос одного оконного проема таким образом, чтобы он закрывал как весь упомянутый откос, так и часть установленного ранее теплоизоляционного материала [3]. А. С. Горшков представляет описание методов расчета и принципов нормирования теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций зданий. Показано различие методов, принятых в Российской Федерации и странах Европейского союза. Нормативные требования к уровню ограждающих конструкций представлены на примере Москвы и Финляндии [4]. Так же в статье М. И. Бжахова рассмотрена возможность применения эффективного утеплителя из жёстких плит негорючей базальтовой теплоизоляции ROCKWOOL, не только для обеспечения теплозащитных свойств наружных

стен, но и для повышения пластичности фасадов зданий, за счёт устройства выступающих на фасаде вертикальных пилястр, объёмных геометрических орнаментов с использованием фасадной системы ROCKFACADE. М. И. Бжахов делает следующий вывод Эффективный утеплитель из жёстких плит негорючей базальтовой теплоизоляции ROCKWOOL можно применять не только для повышения теплозащитных и звукоизоляционных качеств наружных стен, но и для усиления их пластичности путём устройства из этих плит пилястр, геометрического орнамента различной формы [5].

1.3 Цель исследования

Целью данного исследования является теплотехнический расчёт кирпичной наружной стены одноэтажного жилого дома.

2. Методы исследования

Основой для расчета послужил метод, описанный в СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.

3. Результаты

Исходные данные:

В качестве климатической зоны для расчета был взят город Бикин. Средняя температура во время так называемой холодной пятидневки достигает: -32°C , что является хорошим примером для проведения расчетов [6].

Таблица 1 – Особенности отопительного периода

Место строительства	Продолжительность отопительного периода z_{ht} , ст.	Средняя расчетная температура отопительного периода t_{ht} , $^{\circ}\text{C}$	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки t_{ext} , $^{\circ}\text{C}$
Бикин	208	-9,1	-32

Зона влажности и влажностный режим помещений – нормальная (при температуре воздуха ниже 12°C , влажность составляет 60-75%).

Условия эксплуатации помещений – Тип Б (зависит от влажностного режима) [7].

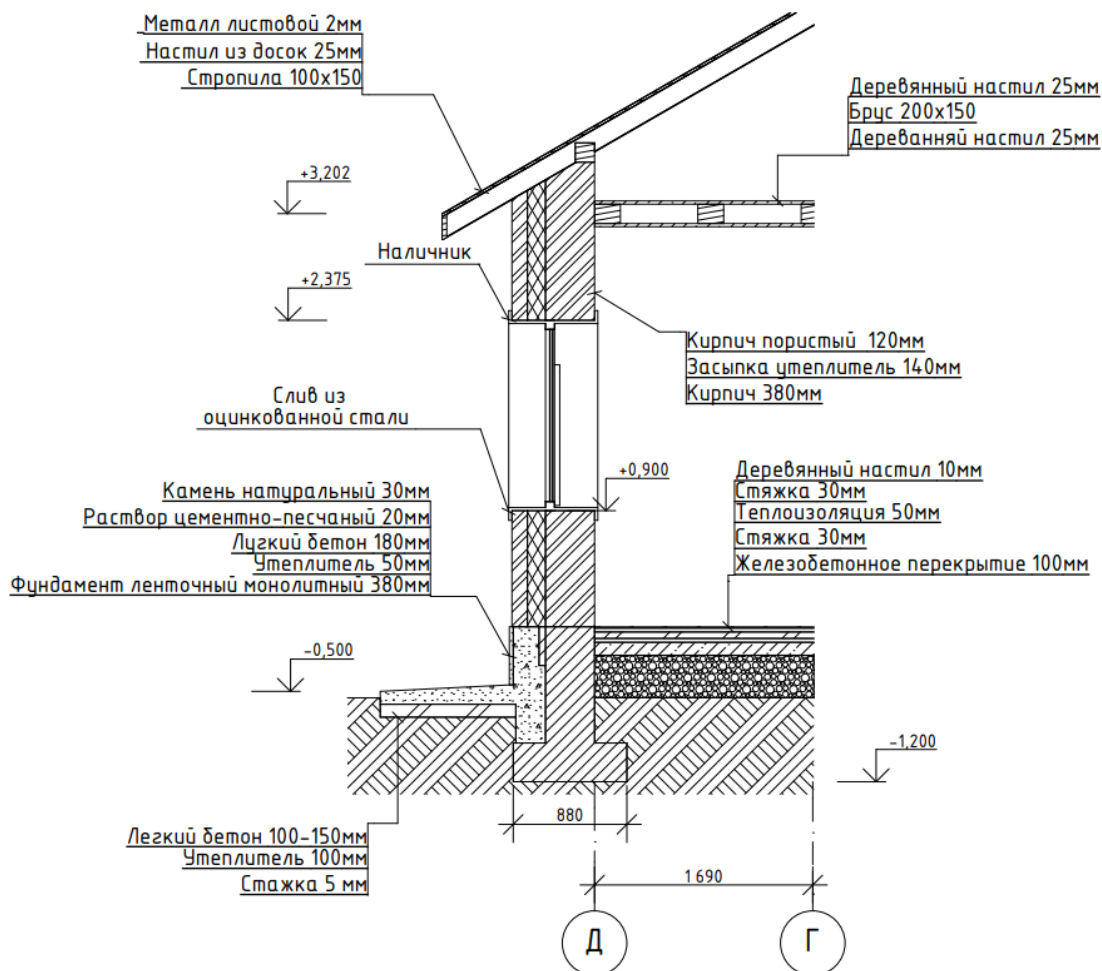


Рисунок 1 – Рассматриваемая стена в конструкции здания

Таблица 2 – Теплотехнические показатели используемых строительных материалов

№ по схеме	Материал	Характеристики материала в сухом состоянии		Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации по прил. 2 СП 50.13330.2012)	
		Плотность γ_0 , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)	
				А	Б
1	Кладка на цементно песчаном растворе кирпича пустотелого	1110	0,27	0,36	0,43
2	Щебень пеностекольный	100	0,064	0,065	0,067
3	Кладка на перлитовом растворе кирпича пустотелого	800	0,19	0,24	0,3

Стена представляет собой три составляющие (колодцевая кладка):

1. Кладка на цементно песчаном растворе кирпича пустотелого. Является внешней частью стены и непосредственно контактирует с окружающей средой.
2. Щебень пеностекольный. Засыпка между внешним и внутренним слоями стены, является основным теплоизолирующим элементом
3. Кладка на перлитовом растворе кирпича пустотелого. Внутренняя часть стены, является несущим элементом в конструкции.

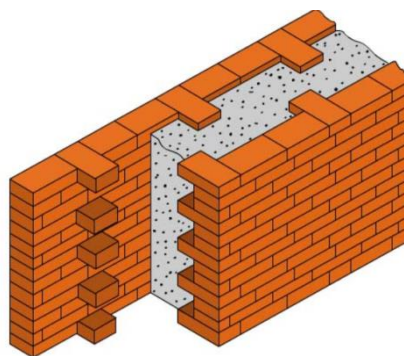


Рисунок 2 – Колодцевая кладка

Таблица 3 – Нормируемые значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты <i>a</i> и <i>b</i>	Градус-сутки отопительного периода <i>D_d</i> , °C·сут	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче <i>R_{req}</i> , (м ² ·°C)/Вт, ограждающих конструкций				
		Стен	Покровый и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальным остеклением
1	2	3	4	5	6	7
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
a	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
b	-	1,2	2,2	1,9	-	0,25

Данные для таблицы 3 взяты из СП 50.13330.2012 [7].

1. Определяем градус-сутки отопительного периода по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot Z_{ht},$$

где $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$ – расчетная средняя температура внутреннего воздуха для жилых зданий;

$t_{ht} = -9,1^{\circ}\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха отопительного периода, принимаемые в соответствии с СП 131.13330.2012 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$.

z_{ht} – продолжительность (суток) отопительного периода, принимаемые в соответствии с СП 131.13330.2012 для периода со средней суточной температурой наружного воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$;

$$D_d = (20 - (-9,1)) \cdot 208 = 6052,8^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$$

2. Определяем сопротивление теплопередачи по условиям энергосбережения:

$$R_{req} = a \cdot D_d + b,$$

где a и b – коэффициенты, значения которых принимают по данным табл. 3 для соответствующих групп зданий;

$$a = 0,00035$$

$$b = 1,2$$

$$D_d = 6052,8^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут} \text{ – градус-сутки отопительного периода}$$

$$R_{req} = 0,00035 \cdot 6052,8 + 1,2 = 3,318 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$$

3. Вычисляем неизвестную толщину слоя δ_x наружного ограждения из условия:

$$R_0 \geq R_{req}$$

Уравнение для вычисления сопротивления теплопередаче R_0 , ограждающей конструкции:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{ext}} \geq R_{req}$$

где $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций (принимается по СП 50.13330.2012);

$\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для расчетных зимних условий, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$, (принимается по СП 50.13330.2012);

$\frac{\delta_i}{\lambda_i} = R_i$ – сопротивления теплопередаче отдельных слоев ограждения, $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;

δ_i – толщина отдельных слоев ограждения за исключением расчетного в метрах;

λ_i – коэффициенты теплопроводности отдельных слоев ограждения (кроме расчетного слоя) в $\text{Вт/(м} \cdot \text{°C)}$;

Из этой формулы находим δ_x – расчетная толщина утеплителя;

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,43} + \frac{\delta_x}{0,067} + \frac{0,12}{0,3} + \frac{1}{23} \geq 3,318 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$$

$$R_0 = 0,115 + 0,884 + \frac{\delta_x}{0,067} + 0,036 + 0,043 \geq 3,318 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$$

$$R_0 = 1,442142 + \frac{\delta_x}{0,067} \geq 3,318 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$$

$$\delta_x = (3,32 - 1,442142) \cdot 0,067 = 0,126 \text{ м} \approx 140 \text{ мм}$$

$$R_{\phi} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + R_{вп} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_x}{\lambda_x} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_{ext}} \geq R_{req}$$

$$R_{\phi} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,43} + \frac{0,14}{0,067} + \frac{0,12}{0,3} + \frac{1}{23} = 3,532 \geq 3,318 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$$

3. Проверка ограничения температуры и конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Расчетный температурный перепад Δt_0 , °С, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции не должен превышать нормируемых величин Δt_n , °С, приведенных в таблице 5 СП 50.13330.2012 [7] и для наружных стен жилых зданий не должен превышать 4,0°С. Величина Δt_0 вычисляется по формуле:

$$\Delta t_0 = \frac{n(t_{int} - t_{ext})}{R_{\phi} \cdot \alpha_{int}}$$

$$\Delta t_0 = \frac{1(20 - (-32))}{3,532 \cdot 8,7} = 1,6923 \leq 4,0 \text{ °С}$$

Требуемое условие выполнено.

4. Выводы

Был выполнен теплотехнический расчёт ограждающей конструкции одноэтажного жилого дома, представляющей собой кирпичную стену, выполненную колодцевой кладкой с засыпкой из пеностеклянного щебня.

Библиографический список

1. Жеребцов А. В. Теплоизоляция цокольных и первых этажей: система ФАСАД PRO с эффективной теплоизоляцией ПЕНОПЛЭКС // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2016. № 5-6. С. 9-11.
2. Золотых С. В. и др. К вопросу теплоизоляции стеновых конструкций зданий // Научные технологии и инновации. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова 2016. С. 147-152.
3. Цыкановский Е. Ю. и др. Способ наружной теплоизоляции зданий (варианты) и система для его осуществления. М., 2013.
4. Горшков А. С., Кожин В. В. Методы расчета и проектирования ограждающих конструкций зданий // Инженерные системы. АВОК-Северо-Запад. 2018. №. 1. С. 58-66.
5. Бжахов М. И., Султанова А. М., Гедгафов А. А. Применение плит негорючей базальтовой теплоизоляции ROCKWOOL для теплоизоляции наружных стен и повышения пластичности фасадов зданий // Инженерный вестник Дона. 2019. №. 5
6. СП 131.13330.2020 Строительная климатология
7. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий