

Определение параметров теплозащиты наружных стен кирпичного частного дома в условиях п. Тукалевск

Бабашов Даниэль Эльманович

Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

В работе обосновано теплотехническое решение для наружных стен жилого здания в посёлке Тукалевск (г. Биробиджан), расположенном в зоне резко континентального климата с продолжительной холодной зимой, коротким летом и повышенной влажностью. С учётом требований строительных норм разработана трёхслойная конструкция, включающая лицевой керамический кирпич, эффективный утеплитель и силикатную кладку. Расчёт подтвердил соответствие конструкции нормативным требованиям по теплозащите, обеспечивая запас по сопротивлению теплопередаче. Особое внимание уделено предотвращению конденсации влаги за счёт баланса паропроницаемости слоёв и защите утеплителя от внешних воздействий.

Ключевые слова: теплотехнический расчёт, наружная стена, строительные материалы, кирпичное здание, строительство.

Determination of the thermal protection parameters of the exterior walls of a brick private house in the village of Tukalevsk

Babashov Daniel Elmanovich

Sholom-Aleichem Priamurskiy State University

Student

Abstract

The paper substantiates a thermal engineering solution for the exterior walls of a residential building in the village of Tukalevsk (Birobidzhan), which is located in a sharply continental climate zone with long cold winters, short summers, and high humidity. Taking into account the requirements of building codes, a three-layer structure was developed, which includes a facing ceramic brick, an effective insulation material, and a silicate masonry. The calculation confirmed that the structure meets the regulatory requirements for thermal protection, providing a sufficient resistance to heat transfer. Special attention was paid to preventing moisture condensation by balancing the vapor permeability of the layers and protecting the insulation from external influences.

Keywords: thermal engineering calculation, exterior wall, building materials, brick building, construction.

1. Введение

Современное малоэтажное строительство в регионах Дальнего Востока сталкивается с необходимостью обеспечения энергоэффективности зданий при сохранении комфортных условий проживания. Актуальность этой задачи особенно высока для населённых пунктов с резко континентальным климатом, характеризующимся продолжительными холодными зимами и коротким летом. Посёлок Тукалевск, расположенный в черте города Биробиджан — столицы Еврейской автономной области, относится к зоне с умеренно-холодным климатом, где теплопотери через наружные ограждающие конструкции могут достигать 30–40% от общих энергозатрат на отопление. Это предъявляет повышенные требования к теплозащитным характеристикам зданий и делает вопрос оптимизации параметров наружных стен кирпичного дома критически важным на этапе проектирования.

Современные исследования энергоэффективности кирпичных конструкций фокусируются на оптимизации теплозащиты и выборе материалов. Г.Т. Касимова и А.М. Абдылдаева выявили, что стыковые соединения в кирпичных и панельных домах часто становятся «мостиками холода», снижая общую эффективность теплоизоляции [1]. Е.А. Смирнова подчеркивает необходимость баланса между теплотехническими, экологическими и экономическими параметрами утеплителей для обеспечения долговечности конструкций [2]. А.С. Зимина и Н.Я. Кузин доказывают системный эффект энергосбережения: модернизация ограждающих конструкций в малоэтажном строительстве может сократить теплопотери жилищного сектора на 25–30% [3]. А.В. Углыница и Е.А.Афанасова предлагают алгоритм выбора утеплителя для кирпичных стен, учитывающий климат, архитектурные ограничения и пожаробезопасность [4].

Целью исследования является определение оптимальных параметров теплозащиты наружных стен кирпичного частного дома, соответствующих климатическим условиям посёлка Тукалевск (г. Биробиджан) и действующим нормативным требованиям Российской Федерации.

В работе рассмотрен анализ климата региона, нормативные требования, теплотехнические расчёты.

2. Климатические условия посёлка Тукалевск (г. Биробиджан)

Посёлок Тукалевск, входящий в состав города Биробиджан (Еврейская автономная область), расположен в зоне резко континентального климата умеренных широт. Регион характеризуется продолжительной холодной зимой, коротким умеренно-тёплым летом и значительными суточными и сезонными колебаниями температур. Климатические параметры, необходимые для проектирования теплозащиты зданий, определены в соответствии с актуальной редакцией СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» на основе данных многолетних наблюдений для г. Биробиджана, как ближайшего крупного населённого пункта с аналогичными природно-климатическими условиями.

2.1. Температурный режим

Средняя температура января, самого холодного месяца в году, составляет $-21,4$ °С. Минимальная температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 (т.е. средняя из абсолютных минимумов за последние 50 лет) достигает -34 °С. Средняя скорость ветра в январе — $3,4$ м/с, что усиливает охлаждающее воздействие на наружные ограждающие конструкции.

Летний период отличается умеренной жарой: средняя температура июля — $+21,1$ °С, абсолютный максимум — $+38$ °С. Суточная амплитуда температур в переходные сезоны (апрель, октябрь) может превышать 15 °С, что требует учёта циклических тепловых нагрузок на стены.

Особенностью региона является высокая влажность воздуха (среднегодовая относительная влажность — $70\text{--}75\%$), обусловленная близостью реки Амур и частыми туманами в межсезонье. Это повышает риски конденсации влаги в толще стены при недостаточной паропроницаемости конструкции.

2.2. Продолжительность отопительного периода

Отопительный период в г. Биробиджан начинается в среднем 2 октября и заканчивается 12 мая, что составляет 226 дня в году. Средняя температура наружного воздуха в этот период — $-6,1$ °С. Критическая температура, при которой требуется включение системы отопления, составляет $+8$ °С (нормативное значение по СП 131.13330.2018).

Продолжительность периодов с температурой ниже -20 °С — до 65 суток, что предъявляет повышенные требования к морозостойкости материалов и защите коммуникаций от промерзания.

3. Основные нормативные документы

Проектирование теплозащиты зданий в РФ регламентируется комплексом документов, ключевые из которых:

СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» (актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) — устанавливает требования к сопротивлению теплопередаче, воздухопроницаемости, паропроницаемости и предотвращению конденсации влаги в конструкциях.

СП 131.13330.2018 «Строительная климатология» — определяет климатические параметры для расчётов, включая ГСОП, продолжительность отопительного периода и экстремальные температуры.

СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия» — учитывает ветровые и снеговые нагрузки, влияющие на выбор конструктивных решений.

4. Конструктивные особенности кирпичных наружных стен и теплотехнический расчёт

4.1. Исходные климатические параметры для посёлка Тукалевск (г. Биробиджан)

Для расчёта теплозащиты наружных стен использованы климатические характеристики, установленные СП 131.13330.2018 для г. Биробиджана:

- Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92:

$$t_n = -34 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- Продолжительность отопительного периода (среднесуточная температура $\leq +8 \text{ }^{\circ}\text{C}$):

$$z_{ht} = 226 \text{ сут.}$$

- Средняя температура отопительного периода:

$$t_{ht} = -6,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- Расчётная температура внутреннего воздуха (жилые помещения):

$$t_{int} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- Относительная влажность внутреннего воздуха:

$$\phi_{int} = 55\% \text{ (нормальный влажностный режим).}$$

4.2. Определение нормативного сопротивления теплопередаче

Градусо-дни отопительного периода (ГСОП) рассчитаны по формуле:

$$\text{ГСОП} = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-6,1)) \cdot 226 = 26,1 \cdot 226 = 5899 \text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут.}$$

Требуемое сопротивление теплопередаче R_{req} определено согласно СП 50.13330.2012 (п. 5.3) для жилых зданий:

$$R_{req} = a \cdot \text{ГСОП} + b = 0,00035 \cdot 5899 + 1,4 = 2,065 + 1,4 = 3,47 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$$

Санитарно-гигиенический критерий (п. 5.4 СП 50.13330.2012) проверен по формуле:

$$R_{req,can} = (n \cdot (t_{int} - t_n)) / (\Delta t_n \cdot \alpha_{int}) = (1,0 \cdot (20 - (-34))) / (4,0 \cdot 8,7) = 5434,8 = 1,55 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$$

где $\Delta t_n = 4,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ — нормативный перепад температур, $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности.

$$\text{Окончательное значение: } R_{req} = \max(3,47; 1,55) = 3,47 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт}$$

4.3. Конструктивное решение наружной стены

Для обеспечения нормативной теплозащиты предложена трёхслойная конструкция:

1. **Наружный слой** — лицевой керамический кирпич (марка М150, морозостойкость F150):

- Толщина $\delta_1 = 0,12 \text{ м}$;
- Теплопроводность $\lambda_1 = 0,58 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$ [СП 50.13330.2012, прил. Д].

2. **Теплоизоляционный слой** — экструдированный пенополистирол (ЭППС, тип «Технониколь Carbon Есо»):

- Толщина $\delta_2 = 0,10 \text{ м}$ (подбирается расчётом);

- Теплопроводность $\lambda_2=0,032$ Вт/(м·°C)
- 3. **Внутренний слой** — силикатный кирпич (марка М125, морозостойкость F150):
 - Толщина $\delta_3=0,38$ м;
 - Теплопроводность $\lambda_3=0,76$ Вт/(м·°C)

Преимущества конструкции:

- Высокая паропроницаемость внутреннего слоя предотвращает конденсацию влаги в зоне утеплителя.
- Наружный кирпич защищает ЭППС от УФ-излучения и механических повреждений.
- Минимальный риск мостиков холода при условии устройства разрывов из базальтовой ваты в местах креплений.

4.4. Теплотехнический расчёт и подбор толщины утеплителя

4.4.1. Термические сопротивления отдельных слоёв

$$R_1=\delta_1/\lambda_1=0,12/0,58=0,207 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

$$R_2=\delta_2/\lambda_2=0,10/0,032=3,125 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт};$$

$$R_3=\delta_3/\lambda_3=0,38/0,76=0,500 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

Суммарное сопротивление теплопроводности:

$$R_k=R_1+R_2+R_3=0,207+3,125+0,500=3,832 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

4.4.2. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_0=1/\alpha_{\text{int}}+R_k+1/\alpha_{\text{ext}},$$

где $\alpha_{\text{int}}=8,7$ Вт/(м²·°C) [СП 50.13330.2012, табл. 6.1].

$$R_0=18,7+3,832+123=0,115+3,832+0,043=3,990 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

4.4.3. Проверка условия теплозащиты

$$R_0=3,990 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт} > R_{\text{req}}=3,47 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

Условие выполнено с запасом 15%, что соответствует требованиям п. 5.1 СП 50.13330.2012.

4.4.4. Корректировка толщины утеплителя

Для минимизации затрат проведён уточнённый расчёт минимально допустимой толщины ЭППС:

$$R_{k,\text{min}}=R_{\text{req}}-(1/\alpha_{\text{int}}+1/\alpha_{\text{ext}})=3,47-(0,115+0,043)=3,312 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$R_{2,\text{min}}=R_{k,\text{min}}-(R_1+R_3)=3,312-(0,207+0,500)=2,605 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C} / \text{Вт}$$

$$\delta_{2,\text{min}}=R_{2,\text{min}}\cdot\lambda_2=2,605\cdot0,032=0,083 \text{ м}.$$

Принята толщина утеплителя $\delta_2=0,10$ м (с учётом округления до стандартных размеров плит и обеспечения запаса по долговечности).

5. Заключение

Проведённый теплотехнический расчёт ограждающих конструкций малоэтажного здания из кирпича подтвердил их полное соответствие

действующим нормативным требованиям в области энергетической эффективности (СП 23-101-2004, СП 50.13330.2012). Конструктивные решения обеспечивают требуемое сопротивление теплопередаче, минимизируют неравномерность температурного поля и исключают риск конденсации влаги в толще стены. Это позволяет поддерживать стабильный микроклимат в помещениях, отвечающий санитарно-гигиеническим нормам, а также снижает эксплуатационные затраты на отопление в холодный период. Таким образом, применённая конструкция стен не только гарантирует долговечность здания, но и создаёт комфортные условия для проживания при соблюдении принципов ресурсосбережения.

Библиографический список

1. Касимова Г.Т., Абдылдаева А.М. Исследования теплозащитных качеств ограждающих конструкций и стыковых соединений панельных и кирпичных жилых домов//Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова. 2018. №4. С.145-153. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37018020>
2. Смирнова Е.А., Смирнов С.С., Смирнова А.В. Эффективность теплоизоляции ограждающих конструкций зданий // Актуальные проблемы строительства, транспорта, машиностроения и техносферной безопасности. 2015. С. 69-72. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23634319>
3. Зимина А.С., Кузин Н.Я. Экономия энергоресурсов существующей системы теплоснабжения в России с помощью энергосберегающих технологий //Современные проблемы науки и образования. 2024. №5. С. 372. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22566748>
4. Угляница А.В., Афанасова Е.А. Исследование и обоснование выбора утеплителя для кирпичных стен//Проблемы строительного производства и управления недвижимостью. 2018. С. 122-125. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41394292>
5. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия
6. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.
7. СП 131.13330.2018 Строительная климатология.