

Особенности кирпичного ограждения и теплотехнический расчет

Приходько Себастьян Николаевич

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Студент

Аннотация

Целью исследования является описать особенностей кирпичных стен, а также выполнение их теплотехнического расчета. Используются поисковые, аналитические и сравнительные методы исследования. В результате описаны особенности кирпичных ограждений и сделан теплотехнический расчет.

Ключевые слова: строительство, расчет, теплотехнические характеристики, кирпич, стена, теплопроводимость.

Features of brick fencing and thermal engineering calculation

Prikhodko Sebastian Nikolayevich

Sholom-Aleichem Priamursky State University

Student

Abstract

The purpose of this study is to describe the features of brick walls, as well as to perform their thermal engineering calculations. Search, analytical and comparative research methods were used. As a result, the features of brick fences were described and a thermal engineering calculation was made.

Keywords: construction, calculation, thermal engineering characteristics, brick, wall, thermal conductivity.

1 Введение

Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций — один из ключевых этапов проектирования малоэтажного кирпичного здания, поскольку именно через стены уходит значительная доля тепла, а значит, именно стена во многом определяет будущие эксплуатационные расходы. Кирпич, несмотря на свою репутацию долговечного материала, в современных условиях энергосбережения уже не может рассматриваться как единственный материал ограждения: его собственное сопротивление теплопередаче недостаточно, чтобы выполнить требования, предъявляемые к жилым домам в умеренно-холодном и холодном климате. Поэтому инженерная задача формулируется следующим образом: подобрать такую конструкцию стены, которая при сохранении несущей способности кирпича обеспечит требуемое приведённое сопротивление теплопередаче, не будет накапливать влагу в толще, позволит вынести точку росы в зону утеплителя и при этом останется технологичной для малоэтажного строительства.

В статье Р. А. Макарова, П. Н. Муреева, А. Н. Макарова проведён анализ и перечислены основные недостатки существующих способов определения сопротивления теплопередаче наружных кирпичных стен [1]. Работа Г. Т. Касымовой, А. М. Абдылдаевой посвящена изучению теплозащитных качеств наружных кирпичных ограждающих конструкций и стыковых соединений [2]. В публикации Н.С. Красного, О.Е. Сысоева производится сравнительный анализ материалов, применяемых для возведения ограждающих конструкций промышленных зданий [3]. В статье А.В. Угляницей, Е.А. Афанасовой описаны различные виды утеплителей, применяемых для теплоизоляции кирпичных ограждающих конструкций, а также обосновывается область их применения [4]. В работе Е.А. Мошковой, Т.В. Туевой выполнено сравнение теплотехнических характеристик фрагментов стены из кирпичной кладки, полистиролбетона, ЛСТК-панелей [5].

Целью исследования является описать особенностей кирпичных стен, а также выполнение их теплотехнического расчета.

В результате работы описаны особенности кирпичных ограждений и сделан теплотехнический расчет.

2 Климатические и нормативные предпосылки теплозащиты кирпичных ограждений

Требования к сопротивлению теплопередачи наружных стен устанавливаются не произвольно, а в зависимости от суммарных градусо-суток отопительного периода, расчётной температуры наружного воздуха и категории здания по обеспечиваемому микроклимату. Для жилых зданий малоэтажного сектора нормативы направлены на поддержание в помещении температуры не ниже $+20^{\circ}\text{C}$ при относительной влажности 45–60 %.

Кирпич как керамический материал обладает рядом эксплуатационных достоинств — высокой морозостойкостью, огнестойкостью, стабильностью геометрии, биостойкостью, — что делает его почти идеальным несущим слоем для малых зданий. Однако его теплопроводность остаётся сравнительно высокой; более того, при эксплуатации на открытом воздухе и периодическом увлажнении фактический коэффициент теплопроводности возрастает. Это означает, что увеличение толщины только кирпичного слоя ведёт к диспропорциональному росту массы и стоимости стены при сравнительно малом приросте её теплотехнической эффективности. Следовательно, с точки зрения нормативной теплозащиты кирпич необходимо «дополнять» материалом с заведомо более низкой теплопроводностью и, что важно, с предсказуемым поведением при увлажнении и замораживании.

Климатическая составляющая в малоэтажном строительстве проявляется острее, чем в многоэтажном: невысокие здания имеют аккумулирующую теплоёмкость меньшего масштаба, у них больше относительная площадь ограждений и выше влияние ветрового обдува. Для таких зданий даже кратковременное снижение сопротивления теплопередаче из-за намокания (дождь, талые воды, продувание) даёт ощутимый рост

теплопотерь. Поэтому уже на нормативном этапе расчёта следует закладывать не только «сухое» значение R , но и разумный эксплуатационный запас, учитывающий неизбежные отклонения материалов по плотности, влажности и качеству монтажа.

3 Конструктивно-материальная совместимость слоёв кирпичной стены

Многослойная ограждающая конструкция будет работать надёжно только в том случае, если её слои согласованы между собой не только по несущей способности, но и по тепло- и паропереносу (рис.1). Для кирпичных стен это особенно важно, потому что кирпич сам по себе относится к числу материалов, допускающих диффузию водяного пара; если его снаружи оградить паронепроницаемым слоем и при этом допустить поступление влаги изнутри, кирпич начнёт медленно увлажняться, что приведёт к снижению сопротивления теплопередаче и потенциальному ухудшению морозостойкости.

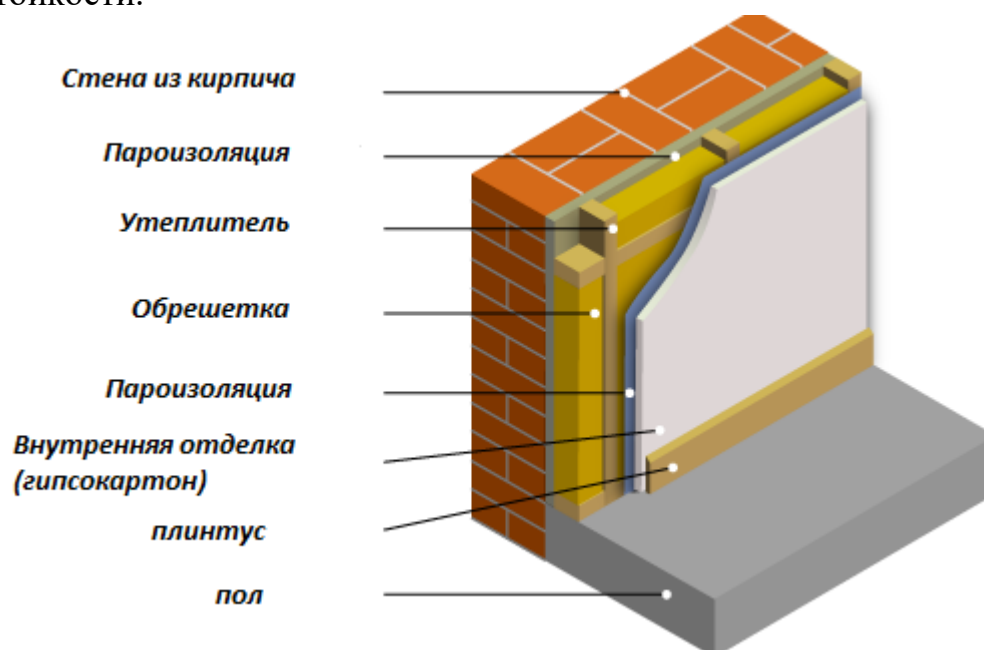


Рисунок 1. Разрез кирпичной стены

Рациональная схема для малоэтажного кирпичного здания выглядит так: изнутри — материал, обеспечивающий стабильную и достаточно гладкую поверхность (штукатурка, гипсовая смесь, облицовка), затем — основной несущий слой из кирпича толщиной 250–380 мм (в зависимости от расчётных нагрузок и конструктивной схемы), далее — эффективный теплоизоляционный материал, как правило, минераловатный (благодаря сочетанию низкой теплопроводности и высокой паропроницаемости), и снаружи — защитно-декоративная система, допускающая выход пара (штукатурные системы по утеплителю, навесные вентилируемые фасады, облицовочный кирпич с воздушным зазором). В такой конфигурации кирпич находится в тёплой и сравнительно сухой зоне, температура на его наружной границе остаётся положительной или близкой к ней, а зона возможного

переохлаждения переносится в толщу утеплителя, который к этому более устойчив.

При выборе утеплителя и наружной отделки следует учитывать не только их теплотехнические характеристики, но и деформационную и технологическую совместимость с кирпичной кладкой. Минераловатные плиты фасадного назначения обладают заданной жёсткостью и фиксированными водоотталкивающими свойствами (рис.2); они легко крепятся к кирпичу, не создают значительных напряжений при колебаниях температур и допускают диффузию влаги. Пенополистирольные материалы теплее при той же толщине, но существенно менее паропроницаемы и требуют более осторожного применения на кирпичных стенах.



Рисунок 2. Минераловатные плиты

Следует отметить и роль крепёжных элементов: каждый металлический анкер, дюбель или кронштейн, проходящий через утеплитель к кирпичной стене, образует локальный теплопроводный включённый элемент (точечный мостик холода). При их малом количестве влияние несущественно, но при плотном креплении фасадных панелей или тяжёлых облицовок эти включения могут снизить фактическое сопротивление конструкции и вызвать локальные переохлаждения наружной отделки. Поэтому при проектировании необходимо либо применять системы с минимальным числом сквозных элементов, либо учитывать их влияние в расчёте.

4 Теплотехнический расчет наружной стены

Климатические условия:

Z_{ht} – продолжительность отопительного периода (221 дней)

t_{ht} – средняя расчетная температура отопительного периода ($-4\text{ }^{\circ}\text{C}$)

t_{ext} – температура воздуха наиболее холодной пятидневки ($31\text{ }^{\circ}\text{C}$)

t_{int} – температура воздуха внутри помещения ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$)

ϕ - влажность воздуха внутри помещения (55%)

Тепловосприятие:

a_{int} – коэффициент тепловосприятия внутренней поверхности ($8,7\text{ Вт/м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

a_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ($23\text{ Вт/м}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Теплопроводимость материалов:

Наружный слой из силикатного кирпича: $\delta_1 = 0,12\text{ м}$, $\lambda_1 = 0,76\text{ Вт/(м}\cdot\text{ }^{\circ}\text{C)}$;

Утеплитель из пенополистирола: $\delta_2 = 0,04\text{ м}$, $\lambda_2 = 0,029\text{ Вт/(м}\cdot\text{ }^{\circ}\text{C)}$;

Внутренний слой из силикатного кирпича: $\delta_3 = 0,56\text{ м}$, $\lambda_3 = 0,76\text{ Вт/(м}\cdot\text{ }^{\circ}\text{C)}$

Рассчитаем величину градус-суток:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-4)) \cdot 221 = 5304\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$$

Далее вычисли нормируемое сопротивление теплопередаче:

$$R_{req}^3 = a \cdot D_d + b$$

$$R_{req}^3 = 0,00035 \cdot 5304 + 1,4 = 3,26\text{ (м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C)/Вт}$$

Вычислим термическое сопротивление для каждого из слоев:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,12}{0,76} = 0,2\text{ (м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C)/Вт}$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,04}{0,024} = 2,1\text{ (м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C)/Вт}$$

$$R_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,56}{0,76} = 0,8\text{ (м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C)/Вт}$$

Найдем суммарное термическое сопротивление ограждающей конструкции:

$$R_K = R_1 + R_2 + R_3 = 0,2 + 2,1 + 0,8 = 3,1\text{ (м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C)/Вт}$$

Тогда сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции равняется:

$$\begin{aligned} R_0 &= R_{si} + R_K + R_{se} = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_K + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + 3,1 + \frac{1}{23} \\ &= 0,115 + 3,1 + 0,043 = 3,26\text{ (м}^2 \cdot \text{ }^{\circ}\text{C)/Вт} \end{aligned}$$

Проверим соответствует ли фактическое сопротивление требованиям:

$$R_0 = 3,26 \geq R^3 = 3,26$$

Условие выполняется, следовательно расчёт выполнен корректно и утеплитель подобран оптимальным образом.

5 Выводы

Теплотехнический расчёт показывает, что в современных климатических и нормативных условиях кирпичная стена малоэтажного здания почти всегда должна рассматриваться как часть многослойной ограждающей конструкции, а не как единственный теплоизоляционный элемент. Сам по себе кирпич обеспечивает прочность, геометрию и долговечность, но даёт недостаточное сопротивление теплопередаче. Требуемый уровень теплозащиты достигается вынесением эффективного утеплителя на наружную сторону, благодаря чему кирпич остаётся в тёплой зоне, а точка росы смещается в толщу утеплителя.

Теплотехнический расчёт должен выполняться не формально, а как реальный инструмент выбора состава стены: он подсказывает, сколько утеплителя необходимо положить, где разместить пароограничитель, какую отделку выбрать и какой запас по сопротивлению целесообразно оставить на случай реального намокания или строительных отклонений.

Библиографический список

1. Макаров Р.А., Муреев П.Н., Макаров А.Н. Определение фактического сопротивления теплопередаче наружных стен, выполненных из кирпича, зданий постройки 60–80-х годов XX века//Фундаментальные исследования. 2015. №2. С. 3960-3965. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23614581>
2. Касымова 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>
3. Красный Н.С., Сысоев О.Е. Сравнение эффективности применения разных ограждающих конструкций промышленных зданий//Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. 2025. С. 481-483. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=82811387>
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. Мошкова Е.А., Туева Т.В. Сравнение теплотехнических характеристик фрагментов стены из кирпичной кладки, полистиролбетона, лстк-панелей//Инновационное развитие территорий. 2015. С. 16-18. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23706304>