

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ НЕСУЩЕЙ СТЕНЫ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ В ВИДЕ КОЛОДЦЕВОЙ КЛАДКИ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ г. ТЮМЕНИ

Л. И. Никитина, И. Л. Полянская, Л. В. Белова
Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

SELECTION OF THE OPTIMAL STRUCTURE OF THE BEARING WALL OF A RESIDENTIAL BUILDING IN THE FORM OF A WELL BRICKWORK FOR THE CLIMATIC CONDITIONS OF TYUMEN

Lyubov I. Nikitina, Irina L. Polyanskaya, Larisa V. Belova
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

Аннотация. При строительстве зданий и сооружений часто используются неоднородные (в теплотехническом отношении) ограждающие конструкции. В данной статье объектом исследования стала одна из таких конструкций, а именно колодцевая кладка из кирпича с колодцами, заполненными различными материалами. Она используется в качестве наружных стен для малоэтажных жилых зданий, подсобных помещений и других сооружений. В настоящее время существует большое количество материалов как для строительства стен, так и для теплоизоляции. В связи с этим важно выбрать наиболее оптимальный (энергоэффективный) вариант колодцевой кладки, обеспечивающий сохранение тепла во внутренних помещениях здания в холодный период времени. Для расчета и анализа теплотехнических свойств колодцевой кладки была использована приближенная методика К. Ф. Фокина, согласно которой выполнены теплотехнические расчеты, их целью было определение

Abstract. In the construction of buildings and structures, nonhomogeneous (according to heat engineering characteristics) filler structures are often used. In this article, the object of research is one of these structures, namely a well brickwork with wells filled with various materials. It is used as exterior walls for low-rise houses, utility buildings and other structures. Currently, there are many materials for both wall construction and thermal insulation. Consequently, it is important to choose the most optimal (energy-efficient) version of the well brickwork, which provides the heat saving in the internal space of the building during the cold period. To calculate and analyze the thermophysical properties of the well brickwork, the approximate method of K.F. Fokin was used. According to it, calculations of thermal engineering parameters with the purpose to determine the reduced resistance to heat passage were performed. The article presents the results of these calculations, analyzes of the thermophysical properties and, based on the data

приведенного сопротивления теплопередаче. В статье представлены результаты этих расчетов, проанализированы теплофизические свойства и на основании полученных данных выбраны оптимальные варианты ограждающих конструкций в виде колодцевой кладки для климатических условий города Тюмени.

Ключевые слова: неоднородные ограждающие конструкции, колодцевая кладка, теплофизические свойства, теплотехнические расчеты, приведенное сопротивление теплопередаче

obtained, selects the optimal options for enclosing structures in the form of a well brickwork for the climatic conditions of the city of Tyumen.

Keywords: nonhomogeneous enclosing structures, well brickwork, thermophysical properties, thermal engineering calculations, reduced resistance to heat passage

Введение

Неоднородные в теплотехническом отношении ограждающие конструкции нередко применяются при строительстве зданий и сооружений. К ним относятся:

- однослойные конструкции: пустотные плиты перекрытия (рис. 1, а); стены из кирпича, усиленные металлическими связями, двухсторонними металлическими накладками и т. п. (рис. 1, б); конструктивные элементы фасадов с металлическими включениями, например, подсистема навесных вентилируемых фасадов (рис. 1, в);
- многослойные конструкции, содержащие конструктивные и теплоизоляционные слои (рис. 1, г);
- колодцевые кладки из кирпича с колодцами, заполненными различными материалами (керамическим гравием, керамзитобетоном, газобетоном, шлакопемзобетоном, пенополистиролом, минеральными ватами и другими материалами) (рис. 1, д, е).

В зависимости от вида ограждающей конструкции теплотехнические неоднородности могут быть двух типов. Неоднородность первого типа обусловлена наличием теплопроводных включений. Например, такая неоднородность есть у подсистемы навесных вентилируемых фасадов, включающих металлические кронштейны, которые являются так называемыми мостиками холода. Через них происходит отток тепла от внутренней поверхности ограждения к наруж-

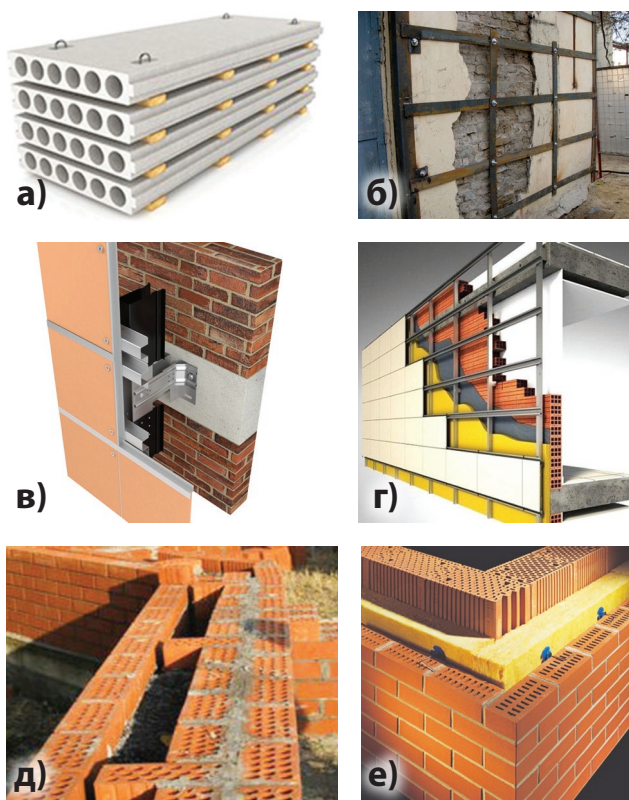


Рис. 1. Примеры неоднородных ограждающих конструкций

ной. Неоднородность второго типа зависит от формы ограждающей конструкции.

Характеристики теплотехнических неоднородностей и схемы теплопроводных включений в неоднородных ограждающих конструкциях приведены в СНиП II-3-79 Строительная теплотехника и в СП 230.1325800.2015 Конструкции

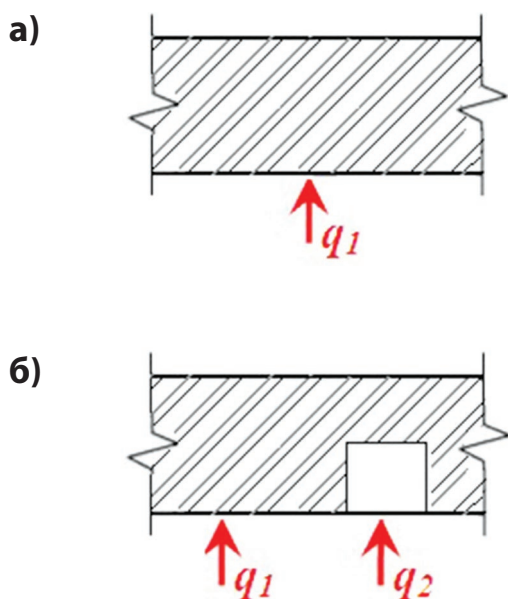


Рис. 2. Распределение теплового потока в ограждающих конструкциях

ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей.

Наличие теплотехнической неоднородности у ограждающей конструкции приводит к изменению плотности теплового потока q_i (Вт/м²), проходящего через различные участки конструкции. На рис. 2, а, б показаны распределения плотности теплового потока для однородной и неоднородной конструкций.

На стадии проектирования здания или сооружения для неоднородных ограждающих конструкций необходимо выполнить теплотехнические расчеты, целью которых является определение приведенного сопротивления теплопередаче, построение графиков распределения температур и парциальных давлений по толще конструкции и т. д. На основании проведенных расчетов делается вывод об энергетической эффективности конструкции (способности сохранять тепло во внутренних помещениях здания или сооружения).

В настоящее время используется несколько методик теплотехнических расчетов для неоднородных ограждающих конструкций. Методики приближенных инженерных расчетов рассмо-

трены в [1–4], численные методы исследования тепловой эффективности ограждающих конструкций использовали авторы в [5–8].

Объект и методы исследования

В данной статье объектом исследования является ограждающая конструкция в виде колодезной кладки [9, 10]. Она используется в качестве наружных стен для малоэтажных жилых зданий, подсобных помещений и других сооружений.

Колодезная кладка представляет собой трехслойную конструкцию. Внутренняя (само-несущая) и наружная (несущая) части стены выполняются из кирпича, камня или бетонных блоков. Между ними есть полость (колодец), которая заполняется теплоизоляционным материалом (сыпучими материалами, плитами из пенополистирола, минеральной ватой и т. д.). Для обеспечения прочности внутренняя и наружная части стены соединяются поперечными перемычками (диафрагмами).

В настоящее время существует большое количество материалов как для строительства стен, так и для теплоизоляции. В связи с этим важно выбрать наиболее оптимальный (энергоэффективный) вариант колодезной кладки, обеспечивающий сохранение тепла в жилых помещениях в холодный период времени.

Для расчета и анализа теплофизических свойств колодезной кладки в данной статье используется методика К. Ф. Фокина [1]. В соответствии с этой методикой теплотехнические свойства неоднородного ограждения приводятся к теплотехническим свойствам однородного. Используется допущение, что в пределах каждого элемента ограждения тепловой поток строго перпендикулярен поверхности ограждения. Целью расчетов является определение приведенного сопротивления теплопередаче и сравнение его с нормативным значением.

Результаты

В данной статье приводятся результаты теплотехнических расчетов для двух видов наружной стены жилого здания, выполненной колодезной кладкой. Для первого вида конструкции наруж-

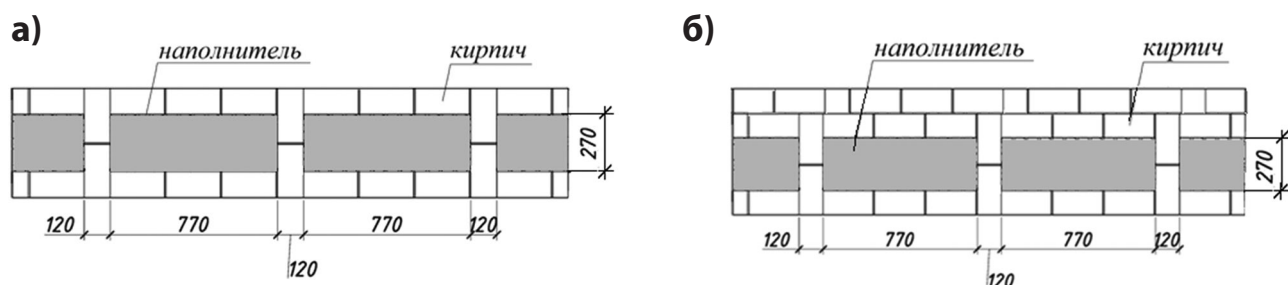


Рис. 3. Колодцевая кладка:

- а) с наружным и внутренним слоями в полкирпича;
 б) с наружным слоем толщиной в один кирпич и внутренним слоем в полкирпича

ный и внутренний слои имеют толщину в полкирпича (рис. 3, а). Для второго вида конструкции наружный слой имеет толщину в один кирпич, а внутренний слой – в полкирпича (рис. 3, б). Попе-

речные диафрагмы между наружным и внутренними слоями установлены через три кирпича.

Характеристики материалов кладки и утепляющего слоя даны в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики материалов колодцевой кладки

Материал кладки		Материал утепляющего слоя	
Плотность, γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/м·°С	Плотность, γ , кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/м·°С
Кирпич силикатный (ГОСТ 379-95) на цементно-песчаном растворе		Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757-90)	
1 800	0,76	800	0,21
Кирпич силикатный (ГОСТ 379-95) на цементно-песчаном растворе		Пенополистирол (ГОСТ 15588-2014)	
1800	0,76	150	0,052
Кирпич силикатный (ГОСТ 379-95) на цементно-песчаном растворе		Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем (ГОСТ 9573-2012)	
1 800	0,76	125	0,06
Кирпич керамический пустотелый (ГОСТ 530-95) на цементно-песчаном растворе		Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757-90)	
1200	0,47	800	0,21
Кирпич керамический пустотелый (ГОСТ 530-95) на цементно-песчаном растворе		Пенополистирол (ГОСТ 15588-2014)	
1 200	0,47	150	0,052
Кирпич керамический пустотелый (ГОСТ 530-95) на цементно-песчаном растворе		Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем (ГОСТ 9573-2012)	
1 200	0,47	125	0,064

Исходными данными для расчетов являются:

- район строительства – город Тюмень;
- климатические характеристики района строительства (выбраны из СП 131.13330.2018 СНиП 23-01-99* Строительная климатология):
 - расчетная температура наружного воздуха t_{ext} , определяемая по температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 = -35 °C;
 - продолжительность отопительного периода со средней суточной температурой наружного воздуха 8 °C равна $z_{ht} = 223$ сут;
 - средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{ht} = -6,8$ °C;
 - зона влажности района строительства – сухая;
 - условия эксплуатации ограждающей конструкции – параметр «А».
- параметры микроклимата в помещениях (выбраны из ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные):
 - оптимальная температура воздуха в жилой комнате в холодный период года $t_{int} = 20$ °C.

Нормативное значение сопротивления теплопередаче наружной стены здания определено двумя методами, которые рассмотрены ниже.

Первый метод. Определение требуемого сопротивления теплопередаче по условию энергосбережения по СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты здания и СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 Тепловая защита здания.

Градусо-сутки отопительного периода находим по формуле:

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 + 6,8) \cdot 223 = 5976 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут}.$$

Требуемое сопротивление теплопередаче находим следующим образом:

$$R_{req} = a \cdot D_d + b = 0,00035 \cdot 5976 + 1,4 = 3,492 \text{ } \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт},$$

где $a = 0,00035$ и $b = 1,4$ – коэффициенты.

Второй метод. Определение требуемого сопротивления теплопередаче с учетом санитарно-гигиенических норм по СП 50.13330.2012 СНиП 23-02-2003 Тепловая защита здания.

Требуемое сопротивление теплопередаче определяем по формуле:

$$R_{reg} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 + 35)}{4 \cdot 8,7} = 1,58 \text{ } \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт},$$

где $n = 1$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

$\Delta t_n = 4$ °C – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции;

$\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции.

Из приведенных выше вычислений за требуемое сопротивление теплопередаче выбирается большее из двух вычисленных, т. е. $R_{0,усл.пр} = 3,492 \text{ } \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$

Методику теплотехнического расчета колодезной кладки рассмотрим на примере конструкции, показанной на рис. 3, а. Характеристики материалов приведены в табл. 1 в первой строке.

Для расчета принимаем часть конструкции, заключающую в себе стенку колодца и по половине колодца с каждой стороны. По высоте конструкция однородная, поэтому расчет проводим для участка высотой 1 м.

Порядок расчета следующий.

1. На первом этапе необходимо определить термическое сопротивление конструкции в плоскости, параллельной направлению теплового потока.

1.1. Плоскостями, параллельными направлению теплового потока, разрезаем конструкцию на три участка: участки 1 и 3 являются одинаковыми и трехслойными, а участок 2 – однослойным (рис. 4, а).

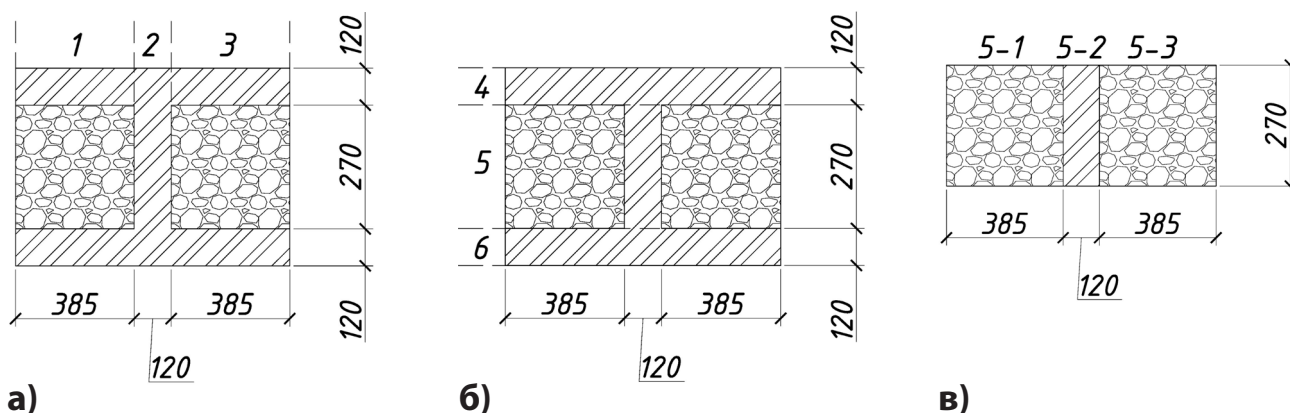


Рис. 4. Сечение конструкции:

а) в плоскости, параллельной направлению теплового потока;

б) в плоскости, перпендикулярной направлению теплового потока; в) участок 5

1.2. Следующий шаг – определение термических сопротивлений участков.

Для участков 1 и 3 термическое сопротивление находим по формуле:

$$R_1 = R_3 = \frac{\delta_{\text{кир}}}{\lambda_{\text{кир}}} + \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} + \frac{\delta_{\text{кир}}}{\lambda_{\text{кир}}} =$$

$$= \frac{0,12}{0,76} + \frac{0,27}{0,21} + \frac{0,12}{0,76} = 1,598 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

Для участка 2:

$$R_2 = \frac{\delta_{\text{констр}}}{\lambda_{\text{кир}}} = \frac{0,12 + 0,27 + 0,12}{0,76} =$$

$$= 0,671 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

1.3. Далее определяем термическое сопротивление ограждающей конструкции R_a . В связи с тем, что расчет ведется для участка конструкции высотой 1 м, площади участков численно равны их длине.

$$R_a = \frac{F_1 + F_2 + F_3}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3}} =$$

$$= \frac{0,385 + 0,12 + 0,385}{\frac{0,385}{1,598} + \frac{0,12}{0,671} + \frac{0,385}{1,598}} =$$

$$= 1,35 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

2. Находим термическое сопротивление конструкции в плоскости, перпендикулярной направлению теплового потока.

2.1. Плоскостями, перпендикулярными направлению теплового потока, разрезаем конструкцию на три однослойных участка. Обозначим их как 4, 5 и 6. Участки 4 и 6 являются теплотехнически одинаковыми и однородными, а участок 5 – неоднородным (рис. 4, б).

2.2. Вычисляем термические сопротивления каждого участка.

Для однослойных участков 4 и 6 они будут равны:

$$R_4 = R_6 = \frac{\delta_{\text{кир}}}{\lambda_{\text{кир}}} =$$

$$= \frac{0,12}{0,76} = 0,158 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

2.3. Для неоднородного участка следует воспользоваться процедурой, примененной в п. 1.3.

2.3.1. Рассматривая только этот участок, плоскостями, параллельными направлению теплового потока, разрезаем его на три однородных однослойных участка 5-1, 5-2 и 5-3. Участки 5-1 и 5-3 одинаковы (рис. 4, в).

2.3.2. Далее определяем термическое сопротивление каждого участка:

$$R_{5-1} = R_{5-3} = \frac{\delta_{\text{ут}}}{\lambda_{\text{ут}}} = \frac{0,27}{0,21} = 1,29 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт},$$

$$R_{5-2} = \frac{\delta_{\text{кир}}}{\lambda_{\text{кир}}} = \frac{0,27}{0,76} = 0,36 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

2.3.3. Термическое сопротивление 5 участка находим следующим образом:

$$\begin{aligned} R_5 &= \frac{\frac{F_{5-1}}{R_{5-1}} + \frac{F_{5-2}}{R_{5-2}} + \frac{F_{5-3}}{R_{5-3}}}{\frac{F_{5-1}}{R_{5-1}} + \frac{F_{5-2}}{R_{5-2}} + \frac{F_{5-3}}{R_{5-3}}} = \\ &= \frac{0,385 + 0,12 + 0,385}{\frac{0,385}{1,29} + \frac{0,12}{0,36} + \frac{0,385}{1,29}} = \\ &= 0,957 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}. \end{aligned}$$

2.4. Термическое сопротивление R_b определяем как сумму сопротивлений отдельных участков:

$$\begin{aligned} R_b &= R_4 + R_5 + R_6 = 0,158 + \\ &+ 0,957 + 0,158 = 1,273 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}. \end{aligned}$$

3. Следующий шаг – оценка применимости данной методики.

$$\begin{aligned} \frac{R_a - R_b}{R_b} 100 \% &= \\ &= \frac{1,35 - 1,273}{1,273} \cdot 100 \% = 6,05 \%, \end{aligned}$$

что менее допустимых 25 %.

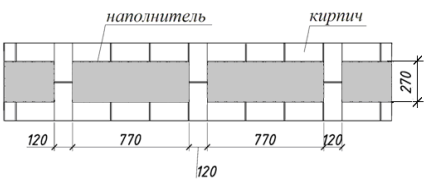
Таким образом, можно сделать вывод о применимости данной методики для расчета.

4. Определение приведенного термического сопротивления ограждающей конструкции осуществляем по формуле:

$$\begin{aligned} R_K^{np} &= \frac{R_a + 2 \cdot R_b}{3} = \\ &= \frac{1,35 + 2 \cdot 1,273}{3} = 1,299 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}. \end{aligned}$$

Таблица 2

Результаты расчетов для кладки с наружным и внутренним слоями в полкирпича

Термические сопротивления, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$	Схема колодезной кладки					
						
	Материалы кладки и утепляющего слоя в соответствии с таблицей 1					
	1	2	3	4	5	6
R_1	1,598	5,508	4,535	1,796	5,7	4,728
R_2	0,671	0,671	0,671	1,085	1,085	1,085
R_3	1,598	5,508	4,535	1,796	5,7	4,728
R_4	0,158	0,158	0,158	0,255	0,255	0,255
R_{5-1}	1,29	5,19	4,22	1,29	5,19	4,22
R_{5-2}	0,36	0,36	0,36	0,574	0,574	0,574
R_{5-3}	1,29	5,19	4,22	1,29	5,19	4,22
R_5	0,957	1,85	1,73	1,104	2,4	2,276
R_6	0,158	0,158	0,158	0,255	0,255	0,255
R_a	1,35	2,79	2,55	1,65	3,617	3,248
R_b	1,273	2,166	2,046	1,614	2,91	2,276
R_K^{np}	1,299	2,374	2,214	1,62	3,15	2,94
R_0	1,4575	2,5325	2,3725	1,7785	3,3042	3,0985

5. Вычисляем общее сопротивление ограждающей конструкции теплопередаче:

$$R_O = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + R_K^{\text{np}} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} =$$

$$= \frac{1}{8,7} + 1,299 + \frac{1}{23} = 1,4575 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}.$$

Результаты теплотехнических расчетов наружной стены жилого здания, выполненной колодцевой кладкой с другими параметрами, приведены в табл. 2 и 3.

Обсуждение

Для оценки теплотехнических свойств рассчитанных конструкций необходимо проверить выполнение условия $R_O \geq R_O^{\text{мп}}$, где R_O – расчетные величины общего сопротивления теплопередаче; $R_O^{\text{мп}}$ – требуемое сопротивление теплопередаче

$$R_O^{\text{усл.мп}} = 3,492 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}.$$

Следует отметить, что только два варианта конструкции в климатических условиях Тюмени удовлетворяют указанному условию. Это колодцевая кладка с наружным слоем толщиной в один кирпич и внутренним слоем толщиной в полкирпича (рис. 3, б). В данном варианте использовался керамический пустотелый кирпич. В качестве утеплителя применены пенополистирол и плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем.

Получено:

$$R_O = 3,729 \geq R_O^{\text{мп}} = 3,492 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

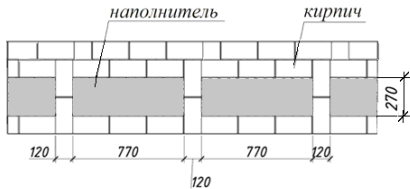
(для утеплителя из пенополистирола);

$$R_O = 3,496 \geq R_O^{\text{мп}} = 3,492 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

(для утеплителя из минеральной ваты на синтетическом связующем).

Таблица 3

Результаты расчетов для кладки с наружным слоем в один кирпич и внутренним в полкирпича

Термические сопротивления, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$	Схема колодцевой кладки		
			
	Материалы кладки и утепляющего слоя в соответствии с таблицей 1		
	4	5	6
R_1	2,07	5,977	5,01
R_2	1,36	1,36	1,36
R_3	2,07	5,977	5,01
R_4	0,532	0,532	0,532
R_{5-1}	1,29	5,192	4,22
R_{5-2}	0,574	0,574	0,574
R_{5-3}	1,29	5,192	4,22
R_5	1,104	2,49	2,27
R_6	0,255	0,255	0,255
R_a	1,93	4,10	3,67
R_b	1,891	3,29	3,057
R_K^{np}	1,904	3,56	3,26
R_O	2,0625	3,729	3,496

Рассмотренная методика применима в данных расчетах, поскольку

$$\frac{R_a - R_b}{R_b} 100 \% = \frac{4,1 - 3,29}{3,29} \cdot 100 \% = 24,62 \%,$$

$$\frac{R_a - R_b}{R_b} 100 \% = \frac{3,67 - 3,057}{3,057} \cdot 100 \% = 20,57 \%,$$

что менее допустимых 25 %.

Выводы

В климатических условиях города Тюмени недопустимо использовать для наружных стен жилых зданий колодцевую кладку в полкирпича. Даже применение эффективных утеплителей (из пенополистирола и минеральной ваты на синтетическом связующем) не позволяет обеспечить

выполнение нормативных требований по теплопроводности. В связи с этим прежде всего требуется увеличивать толщину кладки. Выполненные теплотехнические расчеты показали, что нормативным требованиям по теплопроводности в городе Тюмени удовлетворяет колодцевая кладка из керамического пустотелого кирпича с колодцами, заполненными пенополистиролом или плитами из минеральной ваты на синтетическом связующем.

Параметры кладки (рис. 3, б): толщина наружного слоя – один кирпич, толщина внутреннего слоя – полкирпича; поперечные диафрагмы между наружным и внутренними слоями установлены через три кирпича; высота колодца – 270 мм.

Библиографический список

1. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий : учебное пособие / К. Ф. Фокин ; под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – 5-е изд., пересмотр. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с. – Текст : непосредственный.
2. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) : учебное пособие / В. Н. Богословский. – 3-е изд. – Санкт-Петербург : АВОК Северо-Запад, 2006. – 400 с. – Текст : непосредственный.
3. Малявина, Е. Г. Теплотери здания : справочное пособие / Е. Г. Малявина. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2007. – 144 с. – Текст : непосредственный.
4. Шихов, А. Н. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций гражданских и промышленных зданий : учебно-методическое пособие / А. Н. Шихов. – Пермь : Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 74 с. – Текст : непосредственный.
5. Туснина, В. М. К вопросу теплотехнического расчета неоднородных ограждающих конструкций зданий / В. М. Туснина, Д. Ш. Файзов. – Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 4. – С. 19–24.
6. Туснина, О. А. Теплотехнический расчет конструкций численными методами / О. А. Туснина. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2013. – № 11. – С. 91–99.
7. Кривошеин, А. Д. К вопросу о расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / А. Д. Кривошеин, С. В. Федоров. – Текст : непосредственный // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 8. – С. 21–27.
8. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче наружных ограждений зданий : учебно-методическое пособие к выполнению самостоятельной работы / Р. А. Садыков, В. Н. Куприянов, Д. В. Крайнов [и др.] – Казань : Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2018. – 55 с. – Текст : непосредственный.
9. Что такое колодцевая кладка / Kamedom : [сайт]. – URL : <https://kamedom.ru/kirpich/chto-takoe-kolodcevaya-kladka.html>. – Текст : электронный (дата обращения : 09.08.2021).
10. Колодцевая кладка : конструкция облегченного типа и с утеплителем / Из кирпича. Сайт о строительстве : [сайт]. – URL : <https://жк-восход.пф/prochee/kolodtsevaya-kladka-konstruktsiya-oblegchennogo-tipa-i-s-uteplitelem.html>. – Текст : электронный (дата обращения : 09.08.2021).

References

1. Fokin, K. F. (2006). Stroitel'naya teplotekhnika ogradhdayushchikh chastey zdaniy. 5th edition, revised. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 256 p. (In Russian).
2. Bogoslovskiy, V. N. (2006). Stroitel'naya teplofizika (teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha). Saint Petersburg, AVOK Severo-Zapad Publ., 400 p. (In Russian).
3. Malyavina, E. G. (2007). Teplopoteri zdaniya. Moscow, AVOK-PRESS Publ., 144 p. (In Russian).
4. Shikhov, A. N. (2013). Teplotekhnicheskiiy raschet ogradhdayushchikh konstruktivnykh grazhdanskikh i promyshlennykh zdaniy. Perm, Izd-vo FGBOU VPO Permskaya GSKhA Publ., 74 p. (In Russian).
5. Tusnina, V. M., & Fayzov, D. Sh. (2017). To the issue of thermo-technical calculation of non-uniform enclosing structures of buildings. Industrial and civil engineering, (4), pp. 19-24. (In Russian).
6. Tusnina, O. A. (2013). Hermotechnical analysis of the structures by using numerical methods. Bulletin of MGSU, (11), pp. 91-99. (In Russian).
7. Krivoshein, A. D., & Fedorov, S. V. (2010). K voprosu o raschete privedennogo soprotivleniya teploperedache ogradhdayushchikh konstruktivnykh. Magazine of Civil Engineering, (8), pp. 21-27. (In Russian).
8. Sadykov, R. A., Kupriyanov, V. N., Kraynov, D. V., Safin, I. Sh., & Ivantsov, A. I. (2018). Raschet privedennogo soprotivleniya teploperedache naruzhnykh ogradhdeniy zdaniy. Kazan, Izd-vo Kazansk. gos. arkhitekt.-stroit. un-ta Publ., 55 p. (In Russian).
9. Chto takoe kolodtsevaya kladka. Kamedom. (In Russian). Available at: <https://kamedom.ru/kirpich/chto-takoe-kolodtsevaya-kladka.html> (date of the application: 08.09.2021).
10. Kolodtsevaya kladka: konstruktivnaya oblegchennogo tipa i s uteplitelem. Iz kirpicha. Sayt o stroitel'stve. (In Russian). Available at: <https://zhk-voskhod.rf/prochee/kolodtsevaya-kladka-konstruktivnaya-oblegchennogo-tipa-i-s-uteplitelem.htm> (date of the application: 08.09.2021).

Сведения об авторах

Никитина Любовь Ивановна, к. т. н., доцент кафедры строительных конструкций, Тюменский индустриальный университет, e-mail: nikitinali@tyuiu.ru

Полянская Ирина Леонидовна, к. т. н., доцент кафедры строительных конструкций, Тюменский индустриальный университет, e-mail: poljanskajail@tyuiu.ru

Белова Лариса Владимировна, к. т. н., доцент кафедры инженерных систем и сооружений, Тюменский индустриальный университет, e-mail: belovalv@tyuiu.ru

Information about the authors

Lyubov I. Nikitina, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Building Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: nikitinali@tyuiu.ru

Irina L. Polyanskaya, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Building Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: poljanskajail@tyuiu.ru

Larisa V. Belova, Candidate of Engineering, Associate Professor at the Department of Engineering Systems and Structures, Industrial University of Tyumen, e-mail: belovalv@tyuiu.ru

Для цитирования: Никитина, Л. И. Выбор оптимальной конструкции несущей стены жилого здания в виде колодезной кладки для климатических условий г. Тюмени / Л. И. Никитина, И. Л. Полянская, Л. В. Белова. – DOI: 10.31660/2782-232X-2021-3-30-39. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2021. – № 3. – С. 30–39.

For citation: Nikitina, L. I., Polyanskaya, I. L., & Belova, L. V. (2021). Selection of the optimal structure of the bearing wall of a residential building in the form of a well brickwork for the climatic conditions of Tyumen. Arkhitektura, stroitel'stvo, transport [Architecture, construction, transport], (3), pp. 30-39. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2021-3-30-39.