

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДЕКСНОГО ПОДХОДА К ВЫБОРУ МАТЕРИАЛА СТЕН ДЛЯ МАЛОЭТАЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В. А. Сироткин, И. И. Давыдов

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,
Екатеринбург, Россия

USING THE INDEX APPROACH TO SELECT WALL MATERIALS FOR LOW-RISE CONSTRUCTION

Victor A. Sirotkin, Ivan I. Davydov

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,
Yekaterinburg, Russia

Аннотация. В статье предложен механизм определения экономичного варианта стеновых конструкций с помощью индекса цены к единице теплопроводности материала. Данный метод позволяет найти оптимальное соотношение требуемой теплопроводности и стоимости за квадратный метр стены. Для этого были проанализированы предлагаемые организациями города Екатеринбурга варианты конструкций стен для малоэтажного строительства. Приведена статистика использования материалов для стенового ограждения, перечислены их основные преимущества. Выполнен программный теплотехнический расчет для различных вариантов стенового ограждения малоэтажного строительства. В ходе расчета определен параметр сопротивления теплопередаче. Для нахождения соотношения индекса цены на единицу сопротивления тепло-

Abstract. The article proposes a mechanism for determining the cost effective alternative for wall structures using the price index to the unit of heat conductivity of the material. This method makes it possible to find the optimum ratio of the required heat conductivity to the cost per square meter of the wall. For this purpose, the variants of wall constructions for low-rise building offered by organizations of the Yekaterinburg city were analyzed. The statistical data of the wall fencing materials using was given, and their main advantages were listed. The software heat engineering calculations for different variants of the wall fencing of the low-rise construction were carried out. During the calculation, the parameter of the heat transfer resistance was determined. To find the ratio of the price index per unit of heat transfer resistance, the cost per square meter of material was calculated and based on that the most cost

передаче произведено вычисление стоимости квадратного метра материала и на его основе выбран наиболее экономичный вариант для малоэтажного строительства в Свердловской области.

Ключевые слова: малоэтажное строительство, индексный подход, индекс, материалы, стены, теплопроводность

Введение

Малоэтажное строительство является одной из развивающихся отраслей. Это обусловлено как развитием технологий возведения зданий, так и желанием граждан иметь альтернативу городской квартире.

Индивидуальное строительство позволяет улучшить жилищные условия населения, решить проблему аварийного жилья и скученности населения в городах. Малоэтажное жилье по сравнению с многоэтажным обладает рядом преимуществ: экономичные технологии строительства, дешевая инженерная инфраструктура, более экологичные условия проживания. Доступное жилье является важным фактором повышения благосостояния населения, мотивации роста трудовой активности и зарождения среднего класса [1].

К основным элементам коттеджа относятся кровля, стеновое ограждение, фундамент. Возведение стенового ограждения является одной из главных составляющих, влияющих на стоимость строительства жилья в целом. Кроме того, выбор материала для стен имеет первоочередное значение при разработке проекта будущего дома.

Одним из критериев выбора материала стенового ограждения является его способность пропускать через себя тепловой поток. Для определения данного параметра проводится теплотехнический расчет, который показывает, насколько конструкция соответствует современным требованиям нормативных документов по теплопроводности.

Важной составляющей расчета является определение сопротивления теплопередаче стены и сравнение ее с нормативным показателем. Традиционно данный расчет выполняется вруч-

effective alternative for low-rise construction in the Sverdlovsk region was selected.

Key words: low-rise building, index approach, index, materials, walls, the heat conductivity

ную, но существует несколько программ, позволяющих автоматизировать данный процесс. В настоящее время все больше строительных фирм предпочитают проектировать собственные стеновые конструкции, а не использовать типовые варианты. Это приводит к усложнению теплотехнических расчетов и, следовательно, к увеличению затрат на строительство.

Величина сопротивления теплопередаче учитывается при выборе материала стенового ограждения, так как показывает, насколько эффективно оно будет препятствовать выходу теплового потока из помещения. Учет этого показателя позволит сэкономить денежные средства на будущем отоплении, так как стены в холодное время года будут блокировать теплый воздух, не давая ему покинуть помещение, а в теплое время станут препятствовать его перегреву.

Объект и методы исследования

В настоящее время в индивидуальном жилищном строительстве используются следующие материалы для строительства стен: кирпич, дерево (брусчатые, каркасные, панельные стены), шлакобетон, газобетон и другие. На долю каменных материалов приходится 36 %, дерево – 31 %, прочие материалы – 33 %. Данное соотношение позволяет установить структуру малоэтажного строительства в России и найти наиболее распространенные материалы, используемые для возведения стен [2].

Объектом исследования являются варианты стеновых конструкций, которые предлагают компании Свердловской области, специализирующиеся на строительстве и поставке материалов для малоэтажного строительства: «Строитель-

ный двор» [3], «COTTAGE96» [4], «СтройДом» [5]. На основании предложений данных организаций было выбрано четыре варианта конструкций. Это стены из кирпича, из твинблока с наружной облицовкой, бруса с внутренним утеплением и из плит ОСП с фасадной отделкой пенопластом. Метод исследования основывается на сравнении между собой этих конструкций, соотношении требуемой теплопроводности и стоимости за квадратный метр стены.

Основными преимуществами дома из кирпича являются его высокая несущая способность, долговечность, негорючесть. Высокая несущая способность кирпичной стены обуславливается структурой материала, раствором кладки, наличием числа проемов. Долговечность зависит от условий эксплуатации, негорючесть – от технологии изготовления [6].

К преимуществам твинблока можно отнести экологичность материала, так как он состоит из синтезированного камня, не содержащего извести. Высокую прочность твинблок получает вследствие обработки давлением и благодаря высокой температуре при его изготовлении. Легкость обработки позволяет возводить из данного материала строения сложной формы [7].

Стены из бруса экологичны и имеют приятный внешний вид. Еще одним преимуществом этого материала можно назвать быстроту сборки стен. Недостатком бруса, как и древесины, является склонность к биологическому заражению, растрескиванию [8].

Ориентированно-стружечные плиты – это относительно новый материал. Для строитель-

ства стен используют конструкции, состоящие из двух ОСП плит с утеплителем внутри. Они применяются при возведении каркасных зданий, основным преимуществом которых является скорость постройки, так как соединение стен с фундаментом осуществляется с помощью деревянных нагелей [9].

Экспериментальная часть

Исходные данные и пример расчета кирпичной стены

Исходные данные принимаются в соответствии с СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 и СП 131.13330.2020 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-1999:

- район строительства – Екатеринбург, Свердловская область;
- назначение здания – жилое;
- расчетная температура наружного воздуха в холодный период года: $t_n = -32\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания: $t_{в} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- средняя температура наружного воздуха отопительного периода: $t_{от} = -5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- продолжительность отопительного периода: $z_{от} = 220\text{ сут}$;
- нормальный влажностный режим помещения и условия эксплуатации ограждающих конструкций – А (нормальный режим помещения в сухой зоне влажности);
- коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности огражда-

Таблица 1

Конструкция стены из кирпича

№ слоя	Наименование слоя	Плотность ρ , кг/м ³	Толщина слоя δ , мм	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)
1	Кладка из сплошного кирпича керамического пустотного	1 400	380	0,41
2	Плита минераловатная	125	100	0,036
3	Кладка из сплошного силикатного кирпича (облицовочный слой)	1 500	120	0,64

ющих конструкций по отношению к наружному воздуху: $n = 1$;

- коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции: $\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ (таблица 6 СП 50.13330.2012);
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции: $\alpha_s = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ (таблица 4 СП 50.13330.2012).

Для примера произведем расчет сопротивления теплопередаче для кирпичной стены (таблица 1, рис. 1).

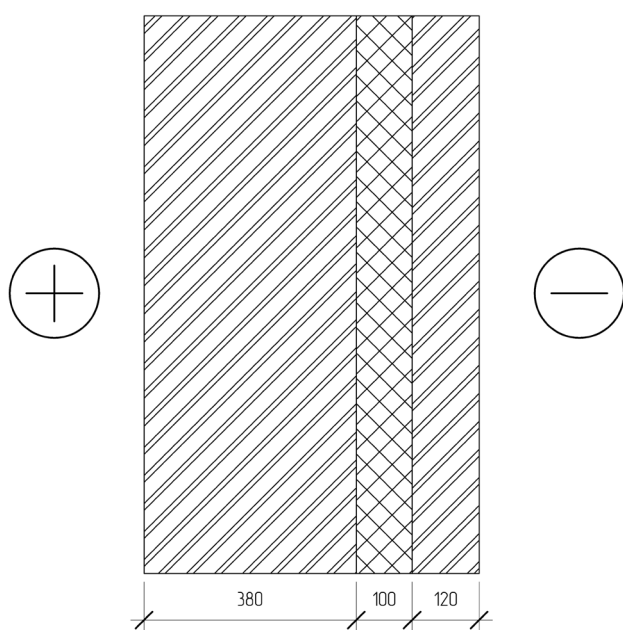


Рис. 1. Конструкция стены из кирпича с утеплителем и облицовочным слоем

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) найдем по формуле (СП 50.13330.2012):

$$\begin{aligned} \text{ГСОП} &= (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} = \\ &= (20 - (-5,5)) \cdot 220 = 5\,610 \text{ } ^\circ\text{С} \cdot \text{сут}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $t_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{С}$;

$z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут/год;

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха в здании.

Следующим шагом определим требуемое значение сопротивления теплопередаче (из табл. 3 СП 50.13330.2012):

$$\begin{aligned} R_0^{\text{тp}} &= \frac{a \cdot \text{ГСОП} + b}{r} = \\ &= \frac{0,00035 \cdot 5610 + 1,4}{0,91} = 3,67 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}, \end{aligned} \quad (2)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, $^\circ\text{С} \cdot \text{сут}/\text{год}$;

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

r – коэффициент технической однородности для кирпичной стены [10].

В соответствии с п. Е.7 СП 50.13330.2012, найдем сопротивление теплопередаче многослойных ограждающих конструкций по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_s} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_n}, \quad (3)$$

где α_s – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$, принимаемый согласно таблице 4 СП 50.13330.2012;

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$, принимаемый согласно таблице 6 СП 50.13330.2012;

R_s – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$, определяемое для неветилируемых воздушных прослоек по таблице Е.1, для материальных слоев по формуле Е.7 СП 50.13330.2012:

$$R_s = \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} \right) \cdot y_s^{\text{э.э.}} = \quad (4)$$

$$= \left(\frac{0,38}{0,41} + \frac{0,1}{0,036} + \frac{0,12}{0,64} \right) \cdot 1 = 3,892 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}.$$

Расчетное сопротивление теплопередаче определяется пунктом Е.6 СП 50.13330.2012:

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + 3,892 + \frac{1}{23} = 4,051 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}. \quad (5)$$

Выполним проверку условия:

$$R_0 > R_0^{\text{тп}}, \quad 4,051 > 3,67 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}.$$

Условие выполняется.

Значение температурного перепада Δt выразим из формулы определения расчетного сопротивления теплопередаче, которая имеет вид (СП 50.13330.2012):

$$R_0^{\text{норм}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (6)$$

где $\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый согласно таблице 4 СП 50.13330.2012, Вт/(м²·°C);

$\Delta t^{\text{н}}$ – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по таблице 5 СП 50.13330.2012, °C;

$t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха в здании, °C;

$t_{\text{н}}$ – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СП 131.13330.2020, °C.

Тогда температурный перепад равняется:

$$\Delta t = \frac{(20 - (-32))}{4,051 \cdot 8,7} = 1,476 \text{ °C}. \quad (7)$$

Проверка условия:

$$\Delta t < \Delta t^{\text{н}}, \quad 1,476 < 4 \text{ °C}.$$

Условие выполняется.

Произведем проверку требуемых условий результатов программы LIT Thermo Engineer [11]:

$$R_0 = 4,05 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}, \quad (8)$$

$$R_0 > R_0^{\text{тп}}, \quad 4,05 > 3,67 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}.$$

Условие выполняется.

Температурный перепад:

$$\Delta t = \frac{(20 - (-32))}{4,05 \cdot 8,7} = 1,476 \text{ °C}. \quad (9)$$

Проверка условия:

$$\Delta t < \Delta t^{\text{н}}, \quad 1,476 < 4 \text{ °C}.$$

Условие выполняется.

По данным аналитического расчета (5), (6) и данным (8), (9), полученным в программе LIT Thermo Engineer [11], можно сделать вывод, что результаты расчетов совпадают, поэтому дальнейшие расчеты будут выполнены с помощью программы.

Программный теплотехнический расчет стен

Программа LIT Thermo Engineer [11] позволяет произвести расчет сопротивления теплопередаче, получить графики температуры и влажности, а также график зоны выпадения конденсата в толще стены. Варианты конструкций стеновых ограждений для программного расчета приведены в таблицах 2–4. На рис. 2 приведено графическое отображение вариантов стен.

Выполним расчет сопротивления теплопередаче для вариантов стеновых ограждений в программе LIT Thermo Engineer, результаты сведем в таблицу 5.

Анализируя результаты расчетов, можно сделать вывод, что самый высокий коэффициент теплопроводности у стены из ориентированно-стружечных плит, а наименьший – у стены из твинблока. Несмотря на это, все варианты стен соответствуют нормативным требованиям к теплопроводности, а значит, могут успешно применяться при малоэтажном строительстве.

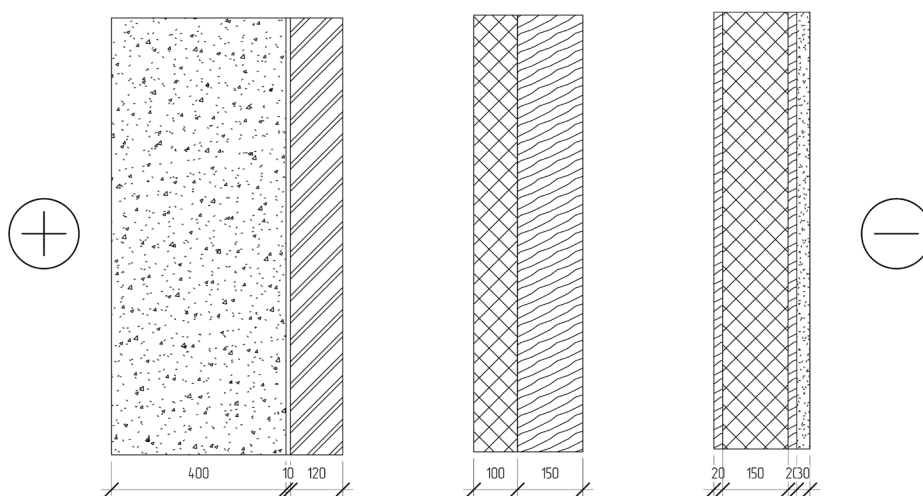


Рис. 2. Графическое изображение стеновых конструкций слева направо:
из твинблока, бруса, плит ОСП

Таблица 2

Конструкция стены из твинблока с наружной облицовкой из кирпича

№ слоя	Наименование слоя	Плотность, γ , кг/м ³	Толщина слоя, δ , мм	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·°С)
1	Твинблок ТБ 400-бп	800	400	0,106
2	Замкнутая воздушная прослойка	1	10	0,026
3	Кладка из сплошного силикатного кирпича (облицовочный слой)	1 500	120	0,64

Таблица 3

Конструкция стены из бруса с внутренним утеплением

№ слоя	Наименование слоя	Плотность, γ , кг/м ³	Толщина слоя, δ , мм	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·°С)
1	Брус из сосны	500	150	0,14
2	Плита минераловатная	125	100	0,036

Таблица 4

Конструкция стены из плит ОСП с наружной отделкой пенопластом

№ слоя	Наименование слоя	Плотность, γ , кг/м ³	Толщина слоя, δ , мм	Коэффициент теплопроводности, λ , Вт/(м·°С)
1	Ориентированно-стружечная плита (ОСП)	800	20	0,13
2	Плита минераловатная	125	100	0,036
3	Ориентированно-стружечная плита (ОСП)	800	20	0,13
4	Фасадный пенопласт	20	30	0,037

Таблица 5

Сравнение результатов расчетов сопротивления теплопередаче

Наименование	Сопротивление теплопередаче конструкции, (м ² ·°С)/Вт
Стена из кирпича	4,05
Стена из твинблока	4,52
Стена из бруса	4,6
Стена из плит ОСП	5,44

Программный температурно-влажностный расчет

Для температурно-влажностного расчета также воспользуемся программой LIT Thermo Engineer. Результаты представлены на рис. 3–6, красным цветом обозначено изменение температуры, синим – начало выпадения конденсата, черным цветом отмечена точка росы.

В кирпичной стене конденсат выпадает в толще утеплителя. Из-за этого утеплитель намокает и снижаются его теплозащитные свойства. Несущая способность стен и их объем в данном случае сохраняются.

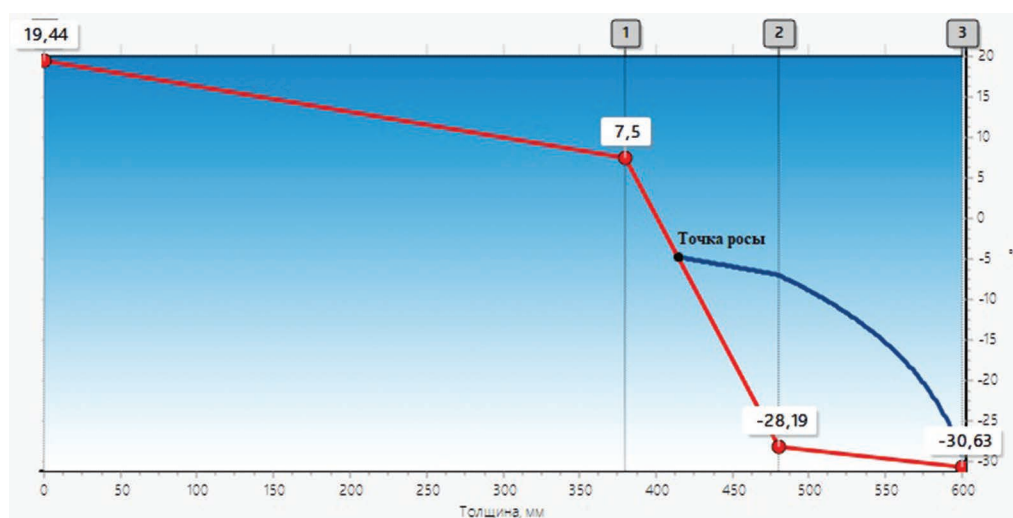


Рис. 3. График изменения температуры и выпадения конденсата для кирпичной стены

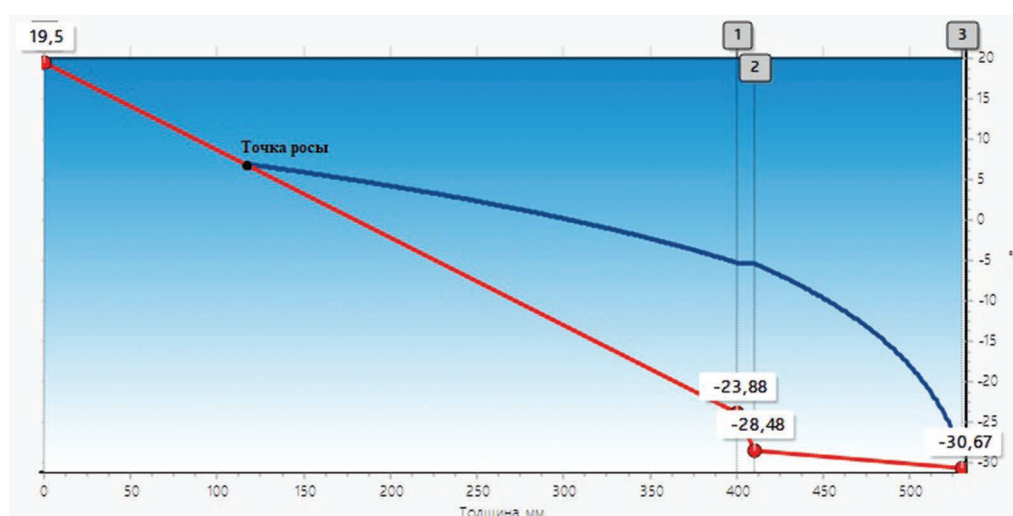


Рис. 4. График изменения температуры и выпадения конденсата для стены из твинблока

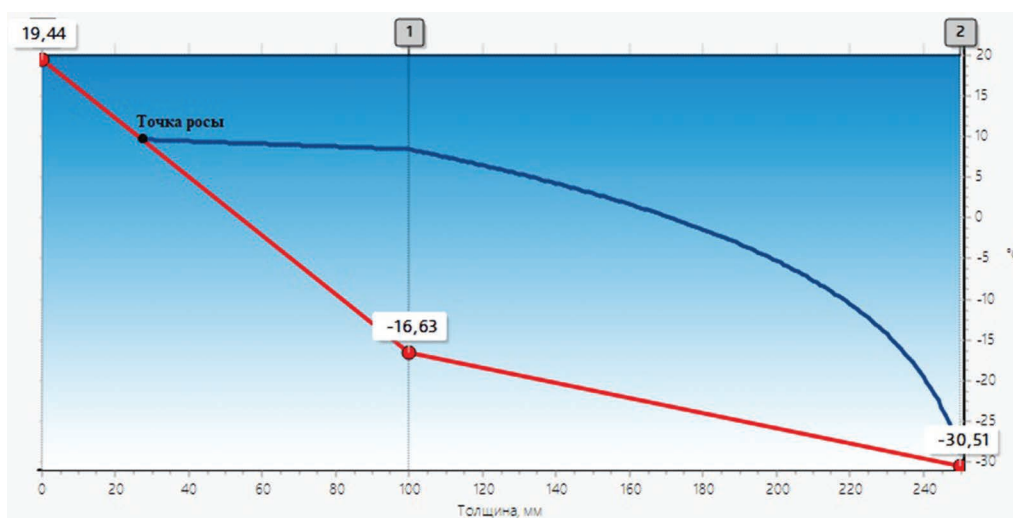


Рис. 5. График изменения температуры и выпадения конденсата для стены из бруса

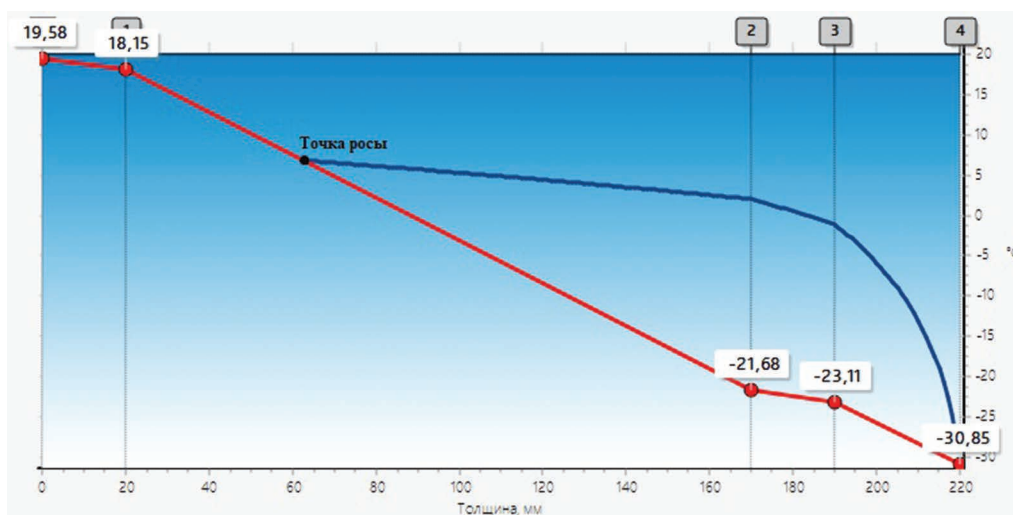


Рис. 6. График изменения температуры и выпадения конденсата для стены из ОСП плит

В стене из твинблока конденсат находится во внутренней части. Благодаря хорошей паропроницаемости твинблока и при правильной вентиляции дома и внутренней отделке можно избежать отрицательных последствий.

В стене из бруса выпадение конденсата начинается в утеплителе. Это ведет к намоканию утеплителя и влечет за собой опасность разрушения материала и большие потери тепла.

В стене из ОСП плит выпадение конденсата начинается в толще утеплителя ближе к внутренней части стены. Это влечет за собой снижение теплотехнических свойств утеплителя, большие

потери тепла и отсыревание стены изнутри. Наиболее предпочтительным вариантами с точки зрения температурно-влажностного расчета являются стены из кирпича и твинблока.

Определение индекса цены на единицу сопротивления теплопередаче

Сравним стоимость рассматриваемых материалов, предлагаемых компанией «Строительный двор» [3]. Стоимость 1 м² материала приведена в таблице 6.

Для определения эффективности стеновой конструкции введем индекс цены за единицу сопротивления теплопередаче конструкции.

Величина индекса цены на единицу сопротивления теплопередаче

Вид стены	Стоимость 1 м ² , руб.	Сопротивление теплопередаче конструкции, (м ² ·°C)/Вт	Соотношение цены на единицу сопротив- ления теплопередаче
Стена из кирпича	9 275	4,05	2 290,12
Стена из твинблока	5 690	4,52	1 258,85
Стена из бруса	1 446	4,01	360,60
Стена из плит ОСП	1 890	5,44	347,43

Величина этого индекса будет указывать, насколько эффективна конструкция стены с точки зрения стоимости материала и сопротивления теплопередаче.

Индекс цены на единицу сопротивления теплопередаче для материалов можно найти по формуле:

$$И = \frac{C}{R_0}. \quad (10)$$

Индекс соотношения цены на единицу сопротивления теплопередаче кирпичной стены равен:

$$И = \frac{C_1}{R_0} = \frac{9\,275}{4,05} = 2\,290,12. \quad (11)$$

Обсуждение

Температурно-влажностный расчет и определение индекса соотношения цены на единицу сопротивления теплопередаче показали следующие результаты: кирпичная стена обладает хорошими теплотехническими свойствами и отличается высокой стоимостью материалов, стена из твинблока обладает оптимальным соотношением между стоимостью и теплопередачей, для стен из ОСП плит и бруса характерно хорошее сопротивление теплопередаче, но защита от выпадения конденсата у них недостаточная, стоимость этих материалов достаточно низкая.

Оптимальной конструкцией для стенового ограждения является стена из твинблока с наружной облицовкой из кирпича. Это наиболее приемлемое решение по соотношению стоимости и такими свойствами материала, как способность сохранять тепло и пропускать влагу.

Выводы

Разработанные рекомендации направлены на поиск оптимального решения по выбору материалов стен для малоэтажного строительства с учетом их стоимости и свойств.

Материал стен – один из главных факторов, который обуславливает физические свойства конструкции. Для выбора наиболее подходящего материала в данной статье был использован индексный подход, который базируется на двух показателях: коэффициенте сопротивления теплопередаче и цене 1 м² материала стен.

Для будущего владельца дома соотношение между этими двумя показателями позволит определить, какой состав стен наиболее предпочтителен для обеспечения необходимой теплопроводности и насколько выбранное решение соответствует бюджету. Для компаний, занимающихся проектированием и возведением стеновых конструкций, данный подход поможет найти эффективные сочетания разных материалов, что, в свою очередь, позволит создавать конструкции, удовлетворяющие запросам наибольшего числа клиентов.

Библиографический список

1. Шнейдерман, И. М. Развитие малоэтажного жилья и его роль в повышении качества жизни населения / И. М. Шнейдерман. – Текст : непосредственный // Народонаселение. – 2013. – № 3 (61). – С. 059–067.
2. Сайфуллина, С. Ф. Перспективы развития малоэтажного жилищного строительства в России / С. Ф. Сайфуллина, И. Д. Логиновская. – Текст : электронный // Управление экономическими системами : электронный научный журнал. – 2015. – № 5 (77). – URL : https://elibrary.ru/download/elibrary_23768220_95500771.pdf (дата обращения : 21.02.2022).
3. Строительный двор : [сайт]. – URL : <https://www.sdvor.com/ekb/> (дата обращения : 21.02.2022). – Текст : электронный.
4. COTTAGE96 : Архитектурное проектирование : [сайт]. – URL : <https://cottage-96.ru/> (дата обращения : 21.02.2022). – Текст : электронный.
5. Загородное строительство «под ключ». Екатеринбург и Свердловская область / СтройДом : Строительно-ремонтная компания : [сайт]. – URL : <https://ekb.stroitelstvo-domov-pod-klyuch.ru/> (дата обращения : 21.02.2022). – Текст : электронный.
6. Строительство домов из кирпича : новая жизнь старой технологии / FORUMHOUSE : [сайт]. – URL : https://www.forumhouse.ru/journal/themes/113-stroitelstvo-domov-iz-kirpicha-novaya-zhizn-staroy-tehnologii#_Тос69231599 (дата обращения : 21.02.2022). – Текст : электронный.
7. Строительство дома из твинблока : его преимущества и особенности работ / Дом и ремонт : [сайт]. – URL : <https://dom-i-remont.info/posts/proekt-doma/stroitelstvo-doma-iz-tvinbloka-ego-preimushhestva-i-osobennosti-rabot/#id6> (дата обращения : 21.02.2022). – Текст : электронный.
8. Шихман, А. Зимнее строительство из профилированного бруса / А. Шихман. – Текст : электронный // FORUMHOUSE – 2019 : [сайт]. – URL : <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/9268-zimnee-stroitelstvo-iz-profilirovannogo-brusa> (дата обращения : 21.02.2022).
9. Березин, А. Дом из ОСБ панелей : характеристики, поэтапная постройка и процесс отделки / А. Березин. – Текст : электронный // Выставка домов Малоэтажная страна. – 2020. – URL : <https://m-strana.ru/articles/dom-iz-osb-paneley/> (дата обращения : 21.02.2022).
10. Никитина, Л. И. Выполнение практических расчетов элементов строительных конструкций по архитектурной физике : учебное пособие / Л. И. Никитина, И. Л. Полянская, Л. В. Белова. – Тюмень : ТИУ, 2021. – 107 с. – Текст : непосредственный.
11. Расчетная программа LIT THERMO ENGINEER. Завод ЛИТ : [сайт]. – URL : <https://zavodlit.ru/support/lte.html> (дата обращения : 21.02.2022). – Текст : электронный.

References

1. Schneiderman, I. M. (2013). Development of low-rise housing and its role in raising the quality of life of population. Population, 3(61), pp. 059-067. (In Russian).
2. Sayfullina, S. F., & Loginovskaya, I. D. (2015). Perspektivy razvitiya maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Rossii. Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy zhurnal, 5(77). (In Russian). Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_23768220_95500771.pdf (date of the application: 21.02.2022).
3. Stroitel'nyy dvor. (In Russian). Available at: <https://www.sdvor.com/ekb/> (date of the application: 21.02.2022).
4. COTTAGE96: Arkhitekturnoe proektirovanie. (In Russian). Available at: <https://cottage-96.ru/> (date of the application: 21.02.2022).
5. Zagorodnoe stroitel'stvo «pod klyuch». Ekaterinburg i Sverdlovskaya oblast'. StroyDom: Stroitel'no-

- remontnaya kompaniya. (In Russian). Available at: <https://ekb.stroitelstvo-domov-pod-klyuch.ru/> (date of the application: 21.02.2022).
6. Stroitel'stvo domov iz kirpicha: novaya zhizn' staroy tekhnologii. FORUMHOUSE. (In Russian). Available at: https://www.forumhouse.ru/journal/themes/113-stroitelstvo-domov-iz-kirpicha-novaya-zhizn-staroy-tehnologii#_Toc69231599 (date of the application: 21.02.2022).
 7. Stroitel'stvo doma iz tvinbloka: ego preimushchestva i osobennosti rabot. Dom i remont. (In Russian). Available at: <https://dom-i-remont.info/posts/proekt-doma/stroitelstvo-doma-iz-tvinbloka-ego-preimushchestva-i-osobennosti-rabot/#id6> (date of the application: 21.02.2022).
 8. Shikhman, A. (2019). Zimneestroitel'stvo iz profilirovannogo brusa. FORUMHOUSE. (In Russian). Available at: <https://www.forumhouse.ru/journal/articles/9268-zimnee-stroitelstvo-iz-profilirovannogo-brusa> (date of the application: 21.02.2022).
 9. Berezin, A. (2020). Dom iz OSB-paneley: kharakteristiki, poetapnaya postroyka i protsess otdelki. Vystavka domov Maloetazhnaya strana. (In Russian). Available at: <https://m-strana.ru/articles/dom-iz-osb-paneley/> (date of the application: 21.02.2022).
 10. Nikitina, L. I., Polyanskaya, I. L., & Belova, L. V. (2021). Vypolnenie prakticheskikh raschetov elementov stroitel'nykh konstruktsiy po arkhitekturnoy fizike. Tyumen, Tyumen Industrial University Publ., 107 p. (In Russian).
 11. Raschetnaya programma LIT THERMO ENGINEER. Zavod LIT. (In Russian). Available at: <https://zavodlit.ru/support/lte.html> (date of the application: 21.02.2022).

Сведения об авторах

Сироткин Виктор Анатольевич, к. э. н., доцент кафедры ценообразования в строительстве и промышленности, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, e-mail: V.A.Sirotkin@urfu.me

Давыдов Иван Ильич, магистрант института Строительства и архитектуры, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, e-mail: I.I.Davydov@urfu.me

Information about the authors

Victor A. Sirotkin, Candidate in Economics, Associate Professor at the Department of Pricing in Construction and Industry, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, e-mail: V.A.Sirotkin@urfu.me

Ivan I. Davydov, Graduate Student of the Institute of Civil Engineering and Architecture, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, e-mail: I.I.Davydov@urfu.me

Для цитирования: Сироткин, В. А. Применение индексного подхода к выбору материала стен для малоэтажного строительства / В. А. Сироткин, И. И. Давыдов. – DOI: 10.31660/2782-232X-2022-1-54-64. – Текст : непосредственный // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – № 1 (99). – С. 54–64.

For citation: Sirotkin, V. A., & Davydov, I. I. (2022). Using the index approach to select wall materials for low-rise construction. Architecture, construction, transport, (1), pp. 54-64. (In Russian). DOI: 10.31660/2782-232X-2022-1-54-64.