

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] № 8



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1955 г. WWW.RIFSM.RU WWW.JOURNAL-CM.RU АВГУСТ 2022 г. (805)

45 лет Норский керамический завод



<https://www.norsk-yar.ru/>



Учредитель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,
д. 9, корп. 1, кв. 1
Издатель: ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
Адрес: 125319, г. Москва, ул. Черняховского,
д. 9, корп. 1, кв. 1
Свид. о регистрации ПИ № 77-1989
ISSN 0585-430X (Print) ISSN 2658-6991 (Online)
Входит в Перечень ВАК, РИНЦ,
Russian Science Citation Index
на платформе Web of Science
Адрес редакции: Россия, 127434, г. Москва,
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№ 8

Основан в 1955 г.

(805) Август 2022 г.

Тел.: (499) 976-22-08, (499) 976-20-36 mail@rifsm.ru; www.rifsm.ru; www.journal-cm.ru

Керамические строительные материалы

А.Ю. СТОЛБОВУШКИН, Е.В. ИСТЕРИН, О.А. ФОМИНА

Необходимость повышения эффективности керамических материалов с матричной структурой для наружных стен зданий 4

Главному форуму российских керамиков 20 лет! (Информация) 12

Г.В. БОЛДЫРЕВ, Г.И. СТОРОЖЕНКО, М.А. ЧЕРНЕЙКИН

Особенности сырьевой базы Кузбасса для производства керамического кирпича 18

Гипсовые строительные материалы

С.В. ШАТАЛОВА, Н.В. ЧЕРНЫШЕВА, М.Ю. ЕЛИСТРАТКИН, М.Ю. ДРЕБЕЗГОВА, С.В. МАСАЛИТИНА

Реологические свойства гипсоцементных вяжущих и формовочных смесей на их основе для 3D-аддитивных технологий строительства 23

Ю.Б. СОБОЛЬ, А.М. АБРАМОВ, Э.В. ПОЛУМИЕВ

Новые технологические подходы в производстве искусственного гипсового камня из фосфогипса 31

А.Ф. БУРЬЯНОВ, Х.-Б. ФИШЕР, В.Ф. КОРОВЯКОВ, Н.А. ГАЛЬЦЕВА, Е.Н. БУЛДЫЖОВА

Ангидритовое вяжущее, модифицированное комплексной добавкой, для сухих строительных смесей 36

М.С. ГАРКАВИ, А.В. АРТАМОНОВ, Е.В. КОЛОДЕЖНАЯ, С.А. ДЕРГУНОВ, С.В. СЕРИКОВ

Механокомпозиты на основе ангидрита: свойства и применение 41

И.В. БЕССОНОВ, А.Д. ЖУКОВ, Э.А. ГОРБУНОВА, И.С. ГОВРЯКОВ

Текстильно-армированный модифицированный гипсобетон 46

А.Ф. ГОРДИНА, И.С. ПОЛЯНСКИХ, Н.С. ЖУКОВА, Г.И. ЯКОВЛЕВ

Исследование влияния пуццоланового компонента на структуру и состав модифицированных сульфатных матриц 51

Результаты научных исследований

Н.В. БАЙКИНА, А.М. АЙЗЕНШТАДТ

Переработка бетона: сотрудничество в сфере экологически эффективных технологий 59

Керамзит – многофункциональный материал для современного строительства (Информация) 63

О.Б. РУДАКОВ, А.М. ХОРОХОРДИН, Я.О. РУДАКОВ, Е.А. ХОРОХОРДИНА

Применение пиролитической хромато-масс-спектрометрии в контроле качества строительных полимеров и композитов 65

Т.А. МУХАМЕДИЕВ, С.А. ЗЕНИН

О расчете прочности наклонных сечений железобетонных элементов с различной формой поперечного сечения 70

Founder of the journal: «STROYMATERIALY»
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
 Moscow, 125319, Russian Federation
Publisher: «STROYMATERIALY»
 Advertising-Publishing Firm, OOO
Address: 1, 9 Bldg. 1, Chernyakhovskogo Street,
 Moscow, 125319, Russian Federation
 Registration certificate PI № 77–1989
ISSN 0585-430X (Print) ISSN 2658-6991 (Online)
 Included in the list of journals of the Higher
 Attestation Commission (Russia), Russian Science
 Citation Index on the platform Web of Science
Editorial address: 9/3 Dmitrovskoye Highway,
 127434, Moscow, Russian Federation

Monthly scientific-technical and industrial journal
STROITEL'NYE
MATERIALY®
 No 8
 Founded in 1955 (805) August 2022

Tel.: (499) 976-22-08, (499) 976-20-36 mail@rifsm.ru; www.rifsm.ru; www.journal-cm.ru

Керамические строительные материалы

A. Yu. STOLBOUSHKIN, E.V. ISTERIN, O.A. FOMINA

**The Necessity to Increase the Efficiency of Ceramic Materials with a Matrix Structure
 for External walls of Buildings 4**

The Main Forum of Russian Ceramists: 20 Years Old! (Information) 12

G.V. BOLDYREV, G.I. STOROZHENKO, M.A. CHERNEYKIN

Features of the Raw Material Base of Kuzbass for the Production of Ceramic Bricks 18

Гипсовые строительные материалы

S.V. SHATALOVA, N.V. CHERNYSHEVA, M.Yu. ELISTRATKIN, M.Yu. DREBEZGOVA, S.V. MASALITINA

**Rheological Properties of Gypsum Cement Binders and Molding Mixtures Based
 on Them for 3D Additive Construction Technologies 23**

Yu. V. SOBOL, A.M. ABRAMOV, E.V. POLUMIEV

New Technological Approaches in the Production of Artificial Gypsum Stone from Phosphogypsum 31

A.F. BURYANOV, H.-B. FISHER, V.F. KOROVIAKOV, N.A. GALTSEVA, E.N. BULDIZHOVA

Anhydrite Binder Modified with a Complex Additive for Dry Building Mixtures 36

M.S. GARKAVI, A.V. ARTAMONOV, E.V. KOLODEZHNYAYA, S.A. DERGUNOV, S.V. SERIKOV

Mechanocomposites Based on Anhydrite: Properties and Applications 41

I.V. BESSONOV, A.D. ZHUKOV, E.A. GORBUNOVA, I.S. GOVRYAKOV

Textile-Reinforced Modified Gypsum Concrete 46

A.F. GORDINA, I.S. POLYANSKIKH, N.S. ZHUKOVA, G.I. YAKOVLEV

Pozzolanitic Constituent Impact on Structure and Properties of Modified Sulfate-Based Composites 51

Результаты научных исследований

N.V. BAYKINA, A.M. AYZENSHTADT

Concrete Recycling: Cooperation in the Field of Environmentally Efficient Technologies 59

Expanded Clay is a Multifunctional Material for Modern Construction (Information) 63

O.B. RUDAKOV, A.M. KHOROKHORDIN, Ya.O. RUDAKOV, E.A. KHOROKHORDINA

**Application of Pyrolytic Chromatography-Mass Spectrometry in Quality Control
 of Building Polymers and Composites 65**

T.A. MUKHAMEDIEV, S.A. ZENIN

**On the Calculation of the Strength of Inclined Sections of Reinforced Concrete Elements
 with Different Cross-Section Shapes 70**

А.Ю. СТОЛБОВУШКИН¹, д-р техн. наук (stanyr@list.ru),
Е.В. ИСТЕРИН¹, инженер (Eisterin@gmail.com);
О.А. ФОМИНА², канд. техн. наук (soa2@mail.ru)

¹ Сибирский государственный индустриальный университет (654007, Кемеровская обл. – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42)

² Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4)

Необходимость повышения эффективности керамических материалов с матричной структурой для наружных стен зданий

Представлены результаты исследования по возможному устройству наружных стен однослойной конструкции из эффективного керамического материала с матричной структурой. Приведены химический и гранулометрический составы сырьевых материалов. Рассмотрены состав двухкомпонентной шихты и техника приготовления эффективных образцов с матричной структурой разработанным способом. Расчетным способом оценена возможность устройства условно однослойных наружных стен (без учета защитного слоя из клинкера толщиной 120 мм, термическим сопротивлением которого можно пренебречь) для отапливаемых гражданских зданий. Приведены результаты расчета требуемого термического сопротивления наружного стенового ограждения и минимальной толщины слоя эффективного керамического материала с матричной структурой на примере Сибирского региона России. В результате анализа территория Сибири условно разделена на четыре климатические зоны с требуемыми физико-механическими характеристиками для ячеистого керамического материала. Экспериментальными исследованиями установлено, что образцы ячеистой керамики с матричной структурой имеют среднюю плотность 950–1000 кг/м³ и по теплотехническим характеристикам относятся к группе керамических материалов повышенной эффективности. Требуемое термическое сопротивление ограждающей конструкции из разработанных керамических материалов при возведении однослойных наружных стен толщиной 640–770 мм обеспечивается только на территории юга Сибири.

Ключевые слова: эффективный керамический материал, гранулированное пеностекло, ячеистая керамика с матричной структурой, однослойные наружные стены.

Для цитирования: Столбовушкин А.Ю., Истерин Е.В., Фомина О.А. Необходимость повышения эффективности керамических материалов с матричной структурой для наружных стен зданий // *Строительные материалы*. 2022. № 8. С. 4–11.

DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-805-8-4-11>

A. Yu. STOLBOUSHKIN¹, Doctor of Sciences (Engineering) (stanyr@list.ru), E.V. ISTERIN¹, Engineer (Eisterin@gmail.com);

O.A. FOMINA², Candidate of Sciences (Engineering) (soa2@mail.ru)

¹ Siberian State Industrial University (42, Kirova Street, Novokuznetsk, 654007, Russian Federation)

² Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (4, Maly Kharitonievsky side Street, Moscow, 101990, Russian Federation)

The Necessity to Increase the Efficiency of Ceramic Materials with a Matrix Structure for External walls of Buildings

It has been presented the results of a study on the possible arrangement of external walls of a single-layer structure from an effective ceramic material with a matrix structure. The chemical and granulometric compositions of raw materials are given. The composition of a two-component charge and the technique for preparing effective samples with a matrix structure by the developed method are considered. By the calculation method it was estimated the possibility of constructing conditionally single-layer external walls (without taking into account the protective layer of 120 mm thick clinker, the thermal resistance of which can be neglected) for heated civil buildings. The results of the calculation of the required thermal resistance of the outer wall enclosure and the minimum thickness of the layer of effective ceramic material with a matrix structure are given on the example of the Siberian region of Russia. As a result of the analysis, the territory of Siberia is conditionally divided into 4 climatic zones with the required physical and mechanical characteristics for a cellular ceramic material. Experimental studies have established that samples of cellular ceramics with a matrix structure have an average density of 950–1000 kg/m³ and, according to their thermal characteristics, belong to the group of ceramic materials of increased efficiency. The required thermal resistance of the enclosing structure from the developed ceramic materials during the construction of single-layer external walls with a thickness of 640–770 mm is provided only in the south of Siberia.

Keywords: effective ceramic material, granulated foam glass, cellular ceramics with a matrix structure, single-layer external walls.

For citation: Stolbovshkin A.Yu., Isterin E.V., Fomina O.A. The need to improve the efficiency of ceramic materials with a matrix structure for the exterior walls of buildings. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2022. No. 8, pp. 4–11. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-805-8-4-11>

Керамические материалы и изделия имеют большую популярность в современном строительстве. Долговечность, экологичность, огнестойкость, разнообразие свойств и типов изделий позволяют использовать керамические материалы в различных областях строительства: для возведения стен, облицовки наружных и внутренних помещений, тепло-

изоляции и др. Сохранение тепла внутри жилища волновало человечество во все времена, особенно в климатических районах с продолжительной, холодной зимой. Такая природа характерна для большей части территории современной России. На количество теплопотерь в первую очередь влияют теплофизические показатели наружного ограждения

строительных объектов. И если оптимизация формы зданий с точки зрения сокращения площади ограждающей поверхности прежде всего задача архитекторов, то за увеличение общего термического сопротивления стены отвечают строители-материаловеды.

В XXI в. в связи с ужесточением нормативных требований к тепловой защите зданий большинство стеновых материалов оказались непригодными при строительстве традиционных однослойных наружных стен классической толщиной 350–770 мм [1, 2]. В результате для большей части территории России необходимая расчетная толщина однослойных наружных стен из легкого бетона, силикатных или керамических материалов должна составлять не менее 1–1,5 м, что с точки зрения здравого смысла совершенно неприемлемо как по материальным затратам, так и по трудоемкости возведения стен. Поэтому к середине 20-х гг. строительная индустрия вынуждена выходить из сложившейся ситуации в основном за счет возведения многослойных ограждающих конструкций с использованием эффективного утепляющего слоя. Однако практика эксплуатации таких стен показала, что разработанные конструктивные решения имеют ряд проблем, связанных прежде всего с разными показателями термического коэффициента линейного расширения материалов слоев. Существенное значение также имеют сложности организации совместной работы слоев из разных материалов, перенос плоскости точки росы внутрь стены и др. Указанные проблемы приводят к сокращению периода работоспособного состояния стеновых конструкций и в конечном итоге к снижению долговечности и надежности зданий в нормативные сроки эксплуатации [3–5].

Таким образом, поиск и разработка новых конструкционно-теплоизоляционных стеновых материалов, обеспечивающих требуемую теплозащиту зданий при устройстве однослойных стен, является одной из актуальных задач современного строительства.

К сожалению, сегодня при большом разнообразии теплоэффективных строительных материалов массовое производство эффективного и условно-эффективного керамического кирпича со средней плотностью менее 1000–1200 кг/м³ практически отсутствует. Фактически эту область в линейке керамической продукции занимают так называемые теплые блоки крупного формата. Как правило, такие изделия имеют щелевые пустоты, заполненные в заводских условиях эффективным утеплителем с волокнистой или ячеистой структурой [6–8]. По теплотехническим характеристикам керамические блоки имеют высокие показатели (приведенный коэффициент теплопроводности порядка 0,18–0,24 Вт/(м·°C)) и могут использоваться при устройстве однослойных наружных стен в большей части территории России.

В последние годы ведутся активные разработки технологии ячеистых керамических материалов [9–12], однако широкого практического применения они

пока не получили. Одним из основных недостатков указанных керамических материалов является высокое водопоглощение и, как следствие, их низкая морозостойкость, что приводит к преждевременному разрушению наружных стен, особенно при эксплуатации в условиях резко континентального климата, и ограничивает их применение без организации специальных защитных мероприятий [13].

По мнению авторов, решением обозначенной проблемы керамических материалов с ячеистой структурой может стать организация матрицы, обеспечивающей при обжиге формирование тонкой водонепроницаемой оболочки на внутренней поверхности поровых ячеек, препятствующей проникновению влаги в поровое пространство.

Предварительные эксперименты по получению керамики с использованием гранулированного пено-стекла показали снижение водопоглощения у обожженных образцов до 8–9% по сравнению с обычной ячеистой керамикой, имеющей водопоглощение 15–17% [14]. Описание полученных результатов, внешний вид образцов, их макро- и микроструктура приведены в работе [9].

Цель настоящего исследования заключалась в оценке эффективности ячеистых керамических материалов с матричной структурой для возможного применения в наружных стенах зданий однослойной конструкции.

Методы и объекты исследования

В результате ранее проведенных исследований авторами разработана методика изготовления эффективных и условноэффективных (по требованиям ГОСТ 530–2012 «Кирпич и камень керамические. Общие технические условия») стеновых керамических изделий из глинистого сырья и гранулированного пеностеклокристаллического материала:

– на первом этапе стеклогранулы увлажняются и активно перемешиваются с сухим тонкодисперсным глинистым сырьем в турболопастном смесителе-грануляторе;

– на втором этапе из опудренных стеклогранул методом полусухого прессования формируются сырцовые изделия;

– на третьем этапе в результате сушки и обжига формируется ячеистая керамика с матричной структурой, имеющая среднюю плотность 900–1200 кг/м³.

В качестве керамического сырья для приготовления шихты использовались бердская глина (Бердское месторождение, Новосибирская обл.) и гранулированный пеностеклокристаллический материал из кремнеземистых пород опытного производства (г. Челябинск) [15].

Глинистая компонента шихты для изготовления эффективных керамических материалов относится к умереннопластичному полиминеральному сырью с высоким содержанием красящих оксидов (Fe₂O₃+TiO₂ более 9%). По количеству глинозема глина принадлежит к группе полуокислого сырья

Таблица 1
Table 1

Гранулометрический состав сырьевых материалов
Granulometric composition of raw materials

Вид сырья	Содержание фракций в %, размер частиц в мм					Классификация по ГОСТ 9169–75
	>0,06	0,06–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	
Глинистое сырье	2,73	37,53	22,23	33,38	4,13	Низкодисперсное
ГПС	Частные остатки в %, на ситах размером отверстий, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	Дно
	0	5,3	84,5	8,6	1,6	0

Таблица 2
Table 2

Химический состав сырьевых материалов
Chemical composition of raw materials

Вид сырья	Массовая доля компонентов, %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	ППП	Примеси
Глинистое сырье	56,11	14,09	8,23	7,72	3,28	0,47	2,96	0,81	0,18	0	6,14
ГПС	78,43	7,81	4,45	0,22	–	7,89	0,45	–	–	–	

(Al₂O₃ около 14%), по минеральному составу примесей содержит включения кварца, железистых минералов, обломки горных пород и карбонатные конкреции.

Порообразующая компонента шихты представляет собой гранулированное пеностекло (ГПС) с фракционным составом -2,5+0,14 мм. По фазовому составу ГПС содержит рентгеноаморфную фазу, кварц и полевые шпаты, преимущественно анортитовой природы. Гранулометрический и химический составы сырьевых материалов представлены в табл. 1, 2.

Результаты комплексного исследования сырьевых материалов, включая оценку их технологических характеристик, показали, что они могут служить потенциальным алюмосиликатным сырьем для производства стеновой керамики [14].

При изготовлении керамических образцов с матричной структурой использовалась двухкомпонентная шихта следующего состава:

- гранулированное пеностекло – 75%;
- глинистое сырье – 25%.

Технологические параметры изготовления керамических образцов по описанной методике:

- формовочная влажность опудренных гранул – 10–11%;
- давление прессования – 5 МПа;
- температура обжига – 900°С.

Состав шихты и технологические параметры изготовления ячеистых керамических образцов с матричной структурой были выбраны по результатам экспериментальных исследований, приведенных в работе [16].

Обсуждение результатов

В соответствии с целью и задачами исследований в настоящей работе были проведены расчеты толщи-

ны и оценка теплозащитных характеристик кирпичной наружной стены из разработанных эффективных и условноэффективных керамических материалов с матричной структурой.

Как правило, уменьшение средней плотности строительных изделий приводит к снижению их прочностных параметров, а высокое водопоглощение, часто связанное с открытой пористостью ячеистого материала, приводит к снижению его морозостойкости, несмотря на наличие резервных пор или ячеек. Использование качественного пустотелого (со щелевыми пустотами) керамического кирпича в качестве наружного лицевого слоя при кладке стены часто приводит к его разрушению. При этом происходит отшелкивание внешнего слоя кирпича толщиной 4–6 мм, в результате чего уже через несколько лет эксплуатации зданий происходит разрушение лицевой кладки [17].

По мнению авторов, указанная проблема может быть решена за счет устройства лицевого слоя кладки из строительного клинкерного кирпича (ГОСТ 530–2012), о чем свидетельствует сложившаяся строительная практика последних лет. Особенно актуально использовать данный прием в условиях резко континентального климата с холодной и продолжительной зимой. Такие природные условия характерны для обширной территории Сибири и Дальнего Востока России. С учетом приведенных доводов в настоящей работе была предложена стеновая конструкция наружной стены, показанная на рис. 1. Внутренний слой состоит из ячеистого керамического кирпича с матричной структурой и имеет толщину, обеспечивающую требуемое термическое сопротивление наружного ограждения в зависимости от района строительства. Наружный слой состоит из стенового клинке-

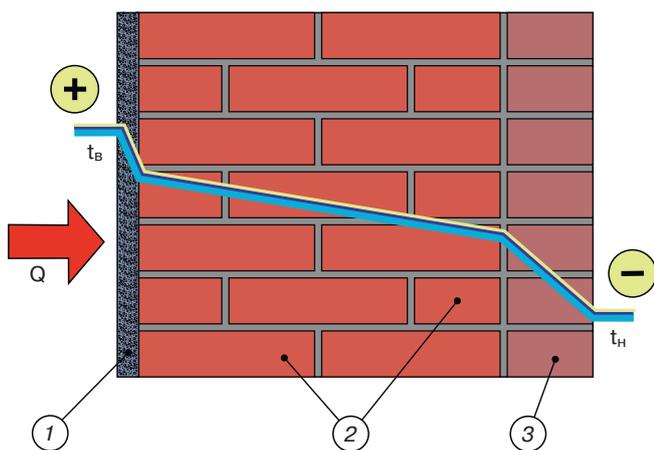


Рис. 1. Конструктивное решение стенового ограждения: 1 – цементно-песчаный раствор; 2 – ячеистая керамика с матричной структурой; 3 – клинкер
Fig. 1. Constructive solution of the wall fencing: 1 – cement-sand mortar; 2 – cellular ceramics with a matrix structure; 3 – clinker

ра и имеет толщину половины стандартного кирпича, равную 120 мм.

По нормативным данным (СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»), требуемое термическое сопротивление стены из эффективных керамических материалов $R_{\text{нec.сл}}^{\text{TP}}$ определяется по формуле:

$$R_{\text{нec.сл}}^{\text{TP}} = R_{\text{red}} - (R_{\text{int}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{\text{ext}}),$$

где R_{int} – сопротивление теплообмену на внутренней поверхности стены; R_{ext} – сопротивление теплообмену на наружной поверхности стены; R_{red} – нормативное сопротивление теплопередаче стены; R_1, R_2, R_3 – термическое сопротивление конструктивных слоев (рис. 1).

Для оценки эффективного слоя (рис. 1, поз. 2) в лабораторных условиях разработанным способом были получены ячеистые керамические материалы с матричной структурой и проведены исследования их физико-механических свойств. Усредненные эксплуатационные характеристики материалов конструктивных слоев по результатам собственных исследований и справочно-нормативным данным представлены в табл. 3.

С учетом полученных значений теплопроводности ячеистой керамики с матричной структурой (коэффициент теплопроводности 0,21–0,23 Вт/(м·°C))

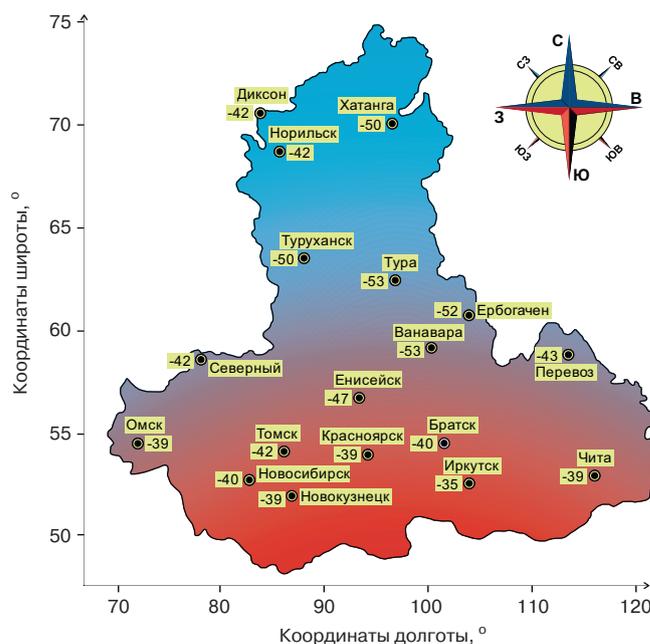


Рис. 2. Карта Сибирского региона России с указанием расчетных зимних температур для расчета толщины условно однослойных наружных стен из эффективных керамических материалов с матричной структурой
Fig. 2. Map of the Siberian region of Russia indicating the calculated winter temperatures for calculating the thickness of conventionally single-layer external walls made of efficient ceramic materials with a matrix structure

расчетным способом была оценена возможность устройства условно однослойных наружных стен (без учета защитного слоя из клинкера, термическим сопротивлением которого можно пренебречь) для отапливаемых гражданских зданий. Оценка проводилась на примере Сибирского региона России (рис. 2), характеризующегося преимущественно резко континентальным климатом и, как уже отмечалось в начале статьи, длительной и холодной зимой.

Согласно нормативным значениям (СП 131.13330.2020 «Строительная климатология») для наиболее значимых населенных пунктов региона были определены климатические параметры расчета толщины наружных стен из эффективных керамических материалов с матричной структурой, представленные в табл. 4.

Для расчета были приняты нормативные расчетные температуры наиболее холодных пяти суток обеспеченностью 0,98. Анализ климатической картины

Таблица 3
Table 3

Физико-механические свойства материалов конструктивных слоев наружного стенового ограждения по рис. 1
Physical and mechanical properties of the materials of the structural layers of the outer wall fencing according to Fig. 1

№ конструктивного слоя	Материал	Прочность при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Водопоглощение, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)
1	Цементно-песчаный раствор	10–15	1600–1800	12–14	0,5–0,6
2	Ячеистая керамика с матричной структурой	12,3–15	900–1100	9–11	0,21–0,23
3	Стеновой клинкер	30–80	1900–2100	6–8	0,9–1,2

**Таблица 4
Table 4**

Климатические параметры по Сибирскому региону для расчета толщины условно однослойных наружных стен из эффективных керамических материалов с матричной структурой
Climatic parameters for the Siberian region for calculating the thickness of conditionally single-layer external walls made of effective ceramic materials with a matrix structure

Населенный пункт	Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,98	Температура отопляемого периода, °С	Продолжительность отопляемого периода, сут
Омск	-39	-8,1	216
Новокузнецк	-39	-6,6	223
Красноярск	-39	-6,6	234
Новосибирск	-40	-7,9	222
Томск	-42	-7,8	233
Иркутск	-35	-7,6	249
Братск	-40	-8,4	248
Енисейск	-47	-9,1	246
Северный	-42	-7,8	233
Чита	-39	-11,2	238
Ванавара	-53	-13,8	261
Ербогачен	-52	-15	262
Туруханск	-50	-13	274
Тура	-53	-17	270
Хатанга	-50	-17,7	303
Диксон	-42	-11,2	366
Норильск	-42	-11,2	366

**Таблица 5
Table 5**

Результаты расчета требуемой толщины слоя из ячеистой керамики с матричной структурой для наружного стенового ограждения по рис. 1
Calculation results of the required thickness of a layer of cellular ceramics with a matrix structure for an external wall fence according to Fig. 1

Населенный пункт	Требуемое термическое сопротивление $R_{тр}$, м ² ·°С/Вт	Минимальная толщина слоя эффективного керамического материала с матричной структурой $\lambda=0,23$ Вт/(м·°С), мм
Омск	3,44	0,71
Новокузнецк	3,56	0,737
Красноярск	3,6	0,747
Новосибирск	3,7	0,77
Томск	3,75	0,781
Иркутск	3,79	0,79
Братск	3,89	0,813
Енисейск	3,93	0,822
Северный	4,01	0,841
Чита	4,06	0,852
Ванавара	4,49	0,951
Ербогачен	4,61	0,979
Туруханск	4,61	0,979
Тура	4,9	1,046
Хатанга	5,4	1,161
Диксон	5,41	1,163
Норильск	5,41	1,163

Таблица 6

Table 6

Требуемые характеристики стенового ограждения из ячеистой керамики с матричной структурой для условно выделенных климатических зон Сибирского федерального округа по рис. 3
Required characteristics of a wall enclosure made of cellular ceramics with a matrix structure for conventionally identified climatic zones of the Siberian Federal District according to Fig. 3

№ климатической зоны	Средняя плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
I	950–1000	0,22–0,23
II	800–950	0,21–0,22
III	650–800	0,2–0,21
IV	650	0,19–0,2

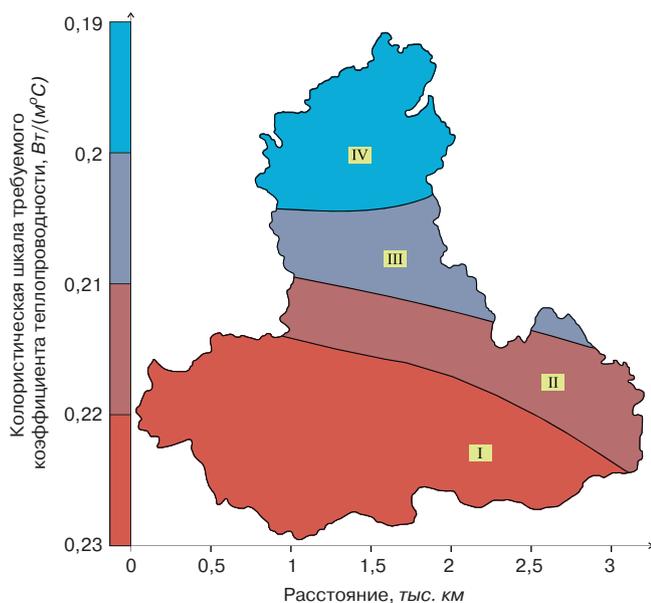


Рис. 3. Схема зонирования территории Сибирского региона по требуемым теплотехническим характеристикам ячеистой керамического материала с матричной структурой для устройства однослойных наружных стен толщиной 640–770 мм

Fig. 3. Zoning scheme of the territory of the Siberian region according to the required thermal characteristics of a cellular ceramic material with a matrix structure for the installation of single-layer external walls with a thickness of 640–770 mm

региона показал, что в зависимости от широты расчетная температура для различных городов Сибири изменяется в широком диапазоне (от -55 до -37°C). При этом продолжительность отопляемого периода по городам меняется незначительно (табл. 4) и в общем для региона составляет почти две трети года (в среднем 236 сут).

В качестве расчетных характеристик для эффективного слоя из ячеистой керамики с матричной структурой были выбраны усредненные теплофизические параметры керамического материала: средняя плотность – 1100 кг/м^3 ; коэффициент теплопроводности – $0,23 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$. При расчетах общего термического сопротивления конструкции наружной стены (рис. 1) для всех населенных пунктов Сибирского региона (рис. 2) толщина наружного защитного слоя из клинкерной керамики и внутреннего штукатурного слоя из цементно-песчаного раствора была принята постоянной и составила соответственно 120 и 30 мм. Результаты расчета требуемого термического сопротивления наружного стенового ограждения и минимальной толщины слоя эффективного керамического материала с матричной структурой приведены в табл. 5.

В результате анализа полученных расчетных данных установлено, что для обеспечения требуемого режима энергосбережения в отопляемых зданиях толщина слоя эффективной керамики должна быть в пределах 0,7–1,2 м в зависимости от населенного пункта Сибирского региона. И это без учета толщины защитных слоев, суммарная толщина которых составляет 0,15 м, что дополнительно увеличивает общую толщину стенового ограждения практически до одно-

го метра и более. Таким образом, для строительства зданий в Сибири с кирпичными стенами общепринятой толщины 640–770 мм (2,5–3 кирпича стандартного формата 1 НФ) необходимо уменьшать значение коэффициента теплопроводности ячеистой керамики с матричной структурой ниже $0,23 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$.

Принимая во внимание вышеизложенное и проводя теплотехнические расчеты с заданной толщиной наружной стены 640 и 770 мм, можно условно выделить в Сибирском федеральном округе четыре климатические зоны (рис. 3) с требуемыми физико-механическими характеристиками ячеистой керамического материала (табл. 6).

Заключение

В результате оценки эффективности ячеистых керамических материалов с матричной структурой, проведенной с целью возможного их использования в зданиях с наружными стенами однослойной конструкции, установлено следующее:

- полученные образцы ячеистой керамики с матричной структурой имеют среднюю плотность $950\text{--}1000 \text{ кг/м}^3$, теплопроводность для кладок с минимально достаточным количеством кладочного раствора $0,22\text{--}0,23 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$ и по теплотехническим характеристикам изделий относятся (табл. 1, ГОСТ 530–2012) к группе повышенной эффективности. Требуемое термическое сопротивление ограждающей конструкции из этих материалов при возведении однослойных наружных стен толщиной 640–770 мм обеспечивается только на территории юга Сибири (рис. 3, поз. I);

- для центральной области и северного района Сибири необходимо повышение эффективности керамических материалов с матричной структурой до значений $700\text{--}800 \text{ кг/м}^3$ (группа изделий высокой эффективности), при этом сохранение их прочностных характеристик (минимальная прочность при сжатии 10 МПа) становится весьма проблематичным. В северном районе (рис. 3, поз. IV) необходимо

использовать многослойную конструкцию стены с эффективным утеплителем и применять для ее устройства общепринятые теплоизоляционные материалы со средней плотностью 450–500 кг/м³ и менее.

Список литературы

1. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: Указ Президента РФ от 4 июня 2008 года № 889. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru> (дата обращения 13.05.2019).
2. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // *Жилищное строительство*. 2011. № 8. С. 2–6.
3. Ярмаковский В.Н., Костин А.Н., Фотин О.В., Кондюрин А.Е. Теплоэффективные наружные стены зданий, возводимые с использованием монолитного полистиролбетона с высокопоризованной и пластифицированной матрицей // *Жилищное строительство*. 2014. № 6. С. 18–24.
4. Блажко В.П. Наружные многослойные стены с облицовкой из кирпича в монолитных зданиях // *Жилищное строительство*. 2009. № 8. С. 6–8.
5. Давидюк А.Н., Несветаев Г.В. Эффективные материалы и конструкции для решения проблемы энергосбережения зданий // *Жилищное строительство*. 2010. № 3. С. 16–21.
6. Keller: сайт производителя ячеистых строительных материалов: сайт. Германия, 2021. URL: <https://www.keller.de/ru/ics/oborudovanye-dlja-zapolneniya-keramyczeskoho-kyrpycza/№8> (дата обращения: 21.01.2021).
7. Проскуровскис А., Назинян Л.Г., Тарасова А.А., Беляева С.В. Энергоэффективный стеновой керамзитобетонный блок // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2019. № 3. С. 23–33.
8. Роговой М.И. Технология искусственных пористых заполнителей и керамики. М.: Стройиздат, 1974. 315 с.
9. Столбоушкин А.Ю., Фомина О.А. Влияние температуры обжига на формирование структуры ячеистой керамики со стеклокристаллическим каркасом // *Строительные материалы*. 2019. № 4. С. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-769-4-20-26>
10. Патент РФ 2593832. Способ изготовления стеновых керамических изделий / Иванов А.И., Столбоушкин А.Ю., Стороженко Г.И. 2016. Бюл. № 22. С. 9.
11. Семёнов А.А. Российский рынок керамического кирпича. Тенденции и перспективы развития // *Строительные материалы*. 2020. № 12. С. 4–5. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-787-12-4-5>

Снижение средней плотности ячеистой керамики с матричной структурой до значений 900 кг/м³ и менее при сохранении требуемых прочностных показателей керамических изделий делает перспективным продолжение научных исследований.

References

1. On some measures to improve the energy and environmental efficiency of the Russian economy: Decree of the President of the Russian Federation of June 4, 2008 No. 889. Electronic Fund of Legal and Regulatory Technical Documents. Access mode: <http://docs.cntd.ru>, free (date of circulation 13.05.2019). (In Russian).
2. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for heat protection and energy efficiency in the project of the updated SNiP “Thermal protection of buildings. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 8, pp. 2–6. (In Russian).
3. Yarmakovskiy V.N., Kostin A.N., Fotin O.V., Kondyurin A.Ye. Heat-efficient external walls of buildings erected using monolithic polystyrene concrete with highly porous and plasticized matrix. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 6, pp. 18–24. (In Russian).
4. Blazhko V.P. External multilayer walls with brick lining in monolithic buildings *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2009. No. 8, pp. 6–8. (In Russian).
5. Davidyuk A.N. Efficient materials and structures to solve the problem of energy saving of buildings *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2010. No. 3, pp. 16–21. (In Russian).
6. Keller: site of the manufacturer of cellular building materials: site. Germany. 2021. URL: <https://www.keller.de/ru/ics/oborudovanye-dlja-zapolneniya-keramyczeskoho-kyrpycza/№8> (date of circulation 21.01.2021).
7. Proskurovskis A. Energy efficient wall expanded clay concrete block. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy*. 2019. No. 3, pp. 23–33. (In Russian).
8. Rogovoy M.I. *Tekhnologiya iskusstvennykh poristykh zapolniteley i keramiki* [Technology of artificial porous aggregates and ceramics]. Moscow: Stroyizdat. 1974. 315 p.
9. Stolboushkin A.Yu., Fomina O.A. Influence of burning temperature on the formation of the cellular structure ceramics with glass-ceramic frame. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 4, pp. 20–26. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-769-4-20-26> (In Russian).
10. Patent RF 2593832. Sposob izgotovleniya stenovykh keramicheskikh izdeliy. Ivanov A.I., Stolboushkin A.Yu., Storozhenko G.I. 2016. Bulletin No. 22, p. 9. (In Russian).
11. Semenov A.A. Russian market of ceramic bricks. Development trends and prospects. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 12, pp. 4–5. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-787-12-4-5>

12. Семёнов А.А. Некоторые тенденции в развитии рынка керамических стеновых материалов в России // *Строительные материалы*. 2022. № 4. С. 4–5. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-801-4-4-5>
13. Лаповская С.Д., Сиротин О.В., Гринфельд Г.И. Экспериментальное определение скорости выхода начальной влаги из кладки из автоклавного газобетона в климатических условиях г. Киева // *Строительные материалы*. 2015. № 8. С. 18–21.
14. Котляр В.Д., Козлов А.В., Котляр А.В. Высокоэффективная стеновая керамика на основе пористо-пустотелого силикатного заполнителя // *Научное обозрение*. 2014. № 10. С. 392–395.
15. Столбоушкин А.Ю., Иванов А.И., Шевченко В.В. и др. Исследование структуры и свойств ячеистых керамических материалов с каркасом из дисперсных кремнеземсодержащих пород // *Строительные материалы*. 2017. № 12. С. 7–13.
16. Котляр В.Д., Небежко Н.И., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. К вопросу о химической коррозии и долговечности кирпичной кладки // *Строительные материалы*. 2019. № 10. С. 78–84. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-775-10-78-84>
17. Котляр В.Д., Терёхина Ю.В., Котляр А.В. Особенности свойств, применение и требования к клинкерному кирпичу // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 72–74.
12. Semenov A.A. Some trends in the development of the ceramic wall materials market in Russia. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2022. No. 4, pp. 4–5. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-801-4-4-5>
13. Lapovskaya S.D. Experimental determination of initial moisture release rate from autoclave aerated concrete masonry in climatic conditions in Kyiv. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 8, pp. 18–21. (In Russian).
14. Kotlyar V.D. Highly efficient wall ceramics based on porous-hollow silicate aggregate. *Nauchnoye obozreniye*. 2014. No. 10, pp. 392–395. (In Russian).
15. Stolboushkin A.Yu., Ivanov A.I., Shevchenko V.V. i dr. Study of the structure and properties of cellular ceramic materials with a framework of dispersed silica-containing rocks. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2017. No. 12, pp. 7–13. (In Russian).
16. Kotlyar V.D., Nebezsko N.I., Terekhina Yu.V., Kotlyar A.V. On the issue of chemical corrosion and durability of brick masonry. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 10, pp. 78–84. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-775-10-78-84>.
17. Kotlyar V.D., Teryokhina Yu.V., Kotlyar A.V. Features of properties, application and requirements for clinker brick. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 72–74. (In Russian).

НОВОСТИ

Форум ICID: заявить о проблемах, найти заказчиков в промышленном строительстве и проектировании

22 сентября 2022 года в Екатеринбурге Форум состоится международный форум по развитию промышленного строительства и проектирования Industrial construction/Industrial design (ICID forum – 2022) (онлайн – по всему миру). На сайте www.стройпромка.рф открыта регистрация.

Организаторами форума выступают СПО «Уральское объединение строителей», СПО «Лига проектных организаций», соорганизатор – федеральная электронная торговая площадка «ТЭК-Торг». Форум состоится при поддержке Ассоциаций «Национальное объединение строителей», «Национальное объединение изыскателей и проектировщиков», Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Министерства промышленности и торговли Российской Федерации; информационной поддержке специализированных СМИ.

Участниками форума должны стать проектировщики и строители (заказчики и подрядчики), которые работают в промышленном строительстве, проектировании.

Президент России поручил Правительству провести комплексную ревизию регулирования в промышленном строительстве. В Правительстве РФ заявили: к 2030 г. сроки строительства промышленных объектов должны сократиться на 40%, затраты на строительство – на 20%.

Каждый участник форума может заявить о том, какие проблемы препятствуют задачам, поставленным Президентом России и Правительством РФ, какие трудности мешают успешному развитию промышленного строительства и проектирования, в том числе в части взаимодействия заказчиков и подрядчиков? Какие меры, в частности, и на законодательном уровне, необходимо предпринять для решения системных проблем в строительстве и проектировании промышленных объектов? Все инициативы участников форума будут отражены в итоговой резолюции и оценены представителями исполнительных органов власти.

Спикеры форума расскажут о будущих объектах, видах работ, которые готовы передать для подряда, о требованиях к подрядчикам, работе тендерной системы. Среди спикеров – представители Минстроя и Минпромторга, компаний «Мечел», «НЛМК», «Уралэлектромедь», «Транснефть», «Иркутская нефтяная компания», «Камаз», «Алмаз Антей», «Пермские моторы», Ростелеком, «Талицкое молоко». Для обмена опытом с зарубежными заказчиками на форуме выступят представители Китая и «МТЗ-ХОЛДИНГ» (Беларусь).

Представитель Министерства промышленности и торговли Российской Федерации расскажет на форуме об итогах и планах по импортозамещению материалов и оборудования для строительства.