



## Эффективность теплоблока в качестве наружной ограждающей конструкции

С.Ю. Тарабукина<sup>1\*</sup>, Т.Л. Симанкина<sup>2</sup>, А.А. Кирилкина<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ИСТОРИЯ	КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА
doi: 10.18720/CUBS.54.4	Подана в редакцию 09.12.2016	теплоблок; наружные стены; энергоэффективность; трехслойные ограждающие конструкции; трехслойный блок.

### АННОТАЦИЯ

В статье приведен обзор различных ограждающих материалов и изделий, которые используются в монолитно-каркасном строительстве. Рассмотрены их отличительные особенности. Кроме того, в результате проведенного аналитического обзора выявлены достоинства и недостатки, выпускаемая номенклатура, технология производства, технические характеристики теплоблока - трехслойной ограждающей стеновой конструкции, а также область его применения. Отмечено, что теплоблок, объединяя в себе проверенные временем стройматериалы уверенно занимает свою нишу в строительной отрасли, а, с развитием автоматизации проектирования становится возможным расширение зоны использования данного материала, изготавливая его для эксплуатации в различных климатических районах мира, с учетом конкретных особенностей.

### Содержание

1.	Введение	48
2.	Современные материалы и изделия, используемые в качестве наружных ограждающих конструкций	48
3.	Технология производства теплоблоков	49
4.	Технические характеристики, достоинства и недостатки теплоблоков	51
5.	Применение теплоблоков	51
6.	Заключение	52

#### Контактная информация:

- <sup>1</sup> \* +7(931)2379875, s.yurievna@mail.ru (Тарабукина Сардаана Юрьевна, студент)  
<sup>2</sup> +7(952)3991288, talesim@mail.ru (Симанкина Татьяна Леонидовна, канд. техн. наук, доцент)  
<sup>3</sup> +7(911)7170977, civilengan@gmail.com (Кирилкина Анна Анатольевна, студент)

## 1. Введение

Строительство зданий и сооружений должно выполняться согласно действующим нормам и правилам возведения объектов, а технические решения, принимаемые в проекте – соответствовать требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных норм и обеспечивать безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта [1].

При выборе строительного материала для ограждающих конструкций основными критериями являются: теплоэффективность, надежность и долговечность, доступность сопутствующих исходных материалов и сравнительно их низкая себестоимость [2]. Одним из таких изделий на современном строительном рынке является теплоблок – перспективное современное строительное изделие с точными геометрическими размерами (+1мм). Теплоблок состоит из трех слоев, соединенных между собой стеклопластиковой стержневой арматурой и служит ограждающей несущей конструкцией для малоэтажного домостроения до трех этажей, а также используется в каркасно-монолитном строительстве в качестве наружной самонесущей и навесной стены без ограничения этажности [3–5].

Ряд российских ученых, в частности, Король Е.А., Пугач Е.М., Николаев А.Е., Бурнайкин Н.Ф., Ратушный В.Е., Демченко Д.Б., Латушкин В.Е. и др. занимались изучением свойств и методов расчета теплоблока, разработкой технических решений и технологии производства данного материала, а также вопросами технологической и экономической эффективности, несущей способности, особенностями проектирования трехслойных ограждающих конструкций. Исследователями проведен анализ затрат при производстве теплоблоков, изучено влияние технологии производства трехслойного блока на эксплуатационные характеристики стен [5, 7, 8, 10 60, 62–64].

## 2. Современные материалы и изделия, используемые в качестве наружных ограждающих конструкций

Ограждающими конструкциями называют элементы конструкции здания или сооружения, ограждающие его объем. Это стены, пол, потолки, перегородки и т.п. Ограждающие конструкции могут быть как внешними, так и внутренними. Функцию защиты помещения от влияния различных факторов окружающей среды выполняют внешние конструкции, а внутренние – предназначены для разделения помещения на отдельные помещения.

Одной из особенностей устройства таких сооружений является то, что они могут быть установлены на месте (монолитные), а могут быть собраны из привезенных готовых блоков. Ограждающие конструкции состоят из одного или нескольких слоев. В последнем случае – это несущий, изоляционный и отделочный слой.

Ограждающая часть покрытия подвержена разнообразным воздействиям, в частности, атмосферным (дождь, снег, ветер, солнечная радиация, низкие температуры) и эксплуатационным (влажность, агрессивные среды, высокие или низкие температуры). Поэтому ограждающие конструкции должны обладать высокой стойкостью, чтобы избежать преждевременного износа, изнашивания и разрушения здания [15–17].

Экономичность здания напрямую зависит от теплотехнических качеств ограждающих конструкций, что связано с затратами на отопление, вентиляцию и расходом материалов на другие элементы здания. Конструкции ограждения должны предусматривать возможность обеспечения ремонта и восстановления, а также обладать достаточной огнестойкостью [18,62].

Возведение наружных стеновых ограждающих конструкций производится с соблюдением определенных технологических требований. Если это готовые блоки, кладка должна быть аккуратной и правильной, а швы как вертикальные, так и горизонтальные, должны заполняться цементным раствором, чтобы не было проникновения влаги в помещение [59].

Кроме теплоблока в каркасно-монолитном строительстве в качестве наружных ограждающих конструкций используются ячеистые бетоны – материал, который на современном строительном рынке является успешной заменой кирпичу. Особенностью ячеистых бетонов является наличие многочисленных ячеек, благодаря которым материал приобретает множество полезных свойств – физических и механических. Ячеистый бетон имеет несколько разновидностей: пенобетон, газобетон и др. Пористый бетон может быть автоклавным и неавтоклавным [19–28].

Автоклавный метод – материал, помещенный в герметичный резервуар с насыщенными водяными парами, твердеет и набирает прочность под высоким давлением [29].

Неавтоклавный метод – материал твердеет в естественных условиях. При этом его нагревают с помощью электричества, либо бетон проходит обработку насыщенным водяным паром, но, в отличие от предыдущего метода, давление не подвергается повышению [30,35,36].

Также для возведения наружных ограждающих стен используются керамзитобетонный, шлакобетонный, керамический блоки и кирпич (силикатный, керамический). Основными составляющими данных материалов являются:

*газоблок* – пористый строительный материал (диаметр пор 1–3 мм), который прессуется в виде блоков. Главный компонент для производства газобетона – цемент в сочетании с известью, специально предназначенные газообразователи, также песок [29–33; 93–95];

равномерно распределяя пузырьки воздуха по всей массе бетона получают *пеноблок*; он имеет пористую структуру за счёт замкнутых пор по всему объёму. В отличие от газобетона, пенобетон получается не при помощи химических реакций, а при механическом перемешивании предварительно приготовленной пены с бетонной смесью.

Компонентами пенобетона являются: цемент, песок, вода и пенообразователи [34–42];

*керамзитобетонный блок* – строительный материал содержащий в своем составе, помимо цемента, керамзит; получается путём смешивания в воде цемента, песка и наполнителя (керамзит с размером гранул более 5мм) примерно в пропорции 1:2:3 [43–47];

*шлакоблок* – строительный материал стандартного размера 200\*200\*400 мм и менее; получается методом вибропрессования или естественной усадки. Шлакобетонный раствор состоит из наполнителя – шлака (гранитный отсев, цемент, бетон, керамзит; щебень, перлит, зола и т.п.). В качестве вяжущего материала используется цемент (М–500) с добавлением глины, извести, гипса или пластифицирующих добавок [48];

*керамический блок* – искусственный керамический камень сложной формы – прогрессивный строительный материал, способный заменить пустотелый кирпич; получается способом формования и обжига глины [49–50];

*кирпич* – искусственный строительный материал, обладающий свойствами камня, прочностью, водостойкостью, морозостойкостью; бывает: керамический (глиняный, красный) – из обожжённой глины; силикатный, состоящий из песка и извести [51–58].

### 3. Технология производства теплоблоков

Технология производства таких блоков заключается в последовательной укладке всех трех слоев в формы в едином технологическом цикле (рис. 1). Это позволяет обеспечить надежное сцепление и высокий показатель прочности теплоблока [59].

*Первый слой* теплоблока – несущий, выполненный из керамзитобетона (в основном марок М50, 75 и 100), что позволяет значительно уменьшить вес блока и улучшить его тепловые и звукоизоляционные свойства. Керамзитобетон получают путем смешивания цемента марки М500 (серый), воды для затворения цемента, песка и, безусловно, керамзита с размером частиц 0,5...5 мм. Уплотнение несущего слоя может выполняться двумя способами: вибролитьем и вибропрессованием.

В первом случае смесь, залитую в форму, ставят на вибростол, где интенсивные вибрации позволяют равномерно распределить и уплотнить смесь по всей поверхности формы. Метод вибропрессования – более сложный процесс. Для него необходим вибропресс – оборудование, которое оказывает воздействие на полусухую смесь, помещенную в специальную пресс-тару.



Рисунок 1. Трехслойный теплоблок

После того или иного способа, уплотненная смесь отправляется в термокамеру, набирает прочность и извлекается из форм. Преимущество отдается методу вибропрессования, т.к. считается что качество изделия улучшается в 3–4 раза, а производительность в 5–7 раза выше по сравнению с методом вибролитья [60–66].

*Второй или же средний слой* теплоблока – это слой из пенополистирола. Правильный выбор теплоизоляционного материала гарантирует обеспечение теплозащитных свойств в течение всего срока службы здания, а также варьируя толщиной теплоизоляционного слоя, можно получить трехслойные стеновые блоки, подходящие для любой климатической зоны [75–76].

Пенополистирол имеет различные технические характеристики, в зависимости от используемого сырья и применяемого метода изготовления. Его получают путем заполнения гранул стирола газом, который в дальнейшем растворяют в полимерной массе. Гранулы увеличиваются в объеме, спекаются между собой, занимая всю блок-форму в процессе нагрева паром. Чрезвычайно низкая теплопроводность пенополистирола придает стенам необходимое термическое сопротивление, которое позволяет ощутимо экономить тепло в отопительный сезон [67–76].

*Наружный слой* – это декоративный и защитный слой, выполненный из бетона с декоративной отделкой. Внешне он напоминает искусственный камень, но может выполняться совершенно любой фактуры и цвета, имитируя различные материалы, что позволяет воплощать в жизнь самые смелые архитектурные решения. В его состав входят: цемент марки М500 (серый – для неокрашенных блоков, белый – для окрашенных); наполнитель – гранитный отсев с размерами частиц 0,5–5 мм; вода для затворения цемента; пластифицирующие добавки – для повышения водоотталкивающих свойств бетона и снижения вероятности образования сколов и трещин. Также внешний слой можно покрасить натуральными пигментами, которые не меняют цвет в процессе эксплуатации [3–6].

Слои связываются между собой *стеклопластиковой стержневой арматурой*, придающей необходимую механическую прочность многослойной конструкции теплоблоков. Эта арматура относится к полимеркомпозитной арматуре которая способна заменить сталь в строительстве и даже во многом превосходить ее по физико-механическим свойствам. Слои состоят из волокон с одной общей осью, связанных в монолит прочным сетчатым полимером – эпоксидом. К преимуществам стеклопластиковой арматуры относят: устойчивость к агрессивным средам; коррозионную стойкость; высокую механическую прочность на растяжение; легкий вес, что облегчает бетонную конструкцию и транспортные расходы; малая теплопроводность, не является мостиком холода в бетонных конструкциях; срок эксплуатации более 80 лет [4, 77–88].

Теплоблоки выпускаются в виде готовых блоков с различной номенклатурой и бывают рядовые, угловые, половинчатые, для проемов, доборные, что не требует лишних усилий для резки, подгонки под необходимые параметры блока при строительстве (рис. 2 а–з). Стандартные размеры теплоблоков 400x400x200 мм и 400x300x200 мм, масса которых составляет не более 25 кг [2–14].



**Рисунок 2. Номенклатура теплоблоков**



## 4. Технические характеристики, достоинства и недостатки теплоблоков

Технические характеристики теплоблоков должны соответствовать ТУ 5741-001-76847650-2011 «Блоки стеновые многослойные теплосберегающие» [89–90], которые представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики теплоблока

Наименование параметра		Величина
Плотность материала наружного слоя	кг/м <sup>3</sup>	< 1800
Плотность материала внутреннего слоя	кг/м <sup>3</sup>	< 1690
Класс бетона (марка) при сжатии несущего слоя		> В 15 (М 200)
Класс бетона (марка) при сжатии декоративного слоя		> В 15 (М 200)
Морозостойкость несущего слоя		50 циклов, >F50
Морозостойкость декоративного слоя		100 циклов, >F100
Масса стенового блока	кг	< 31
Толщина несущего слоя	мм	>150-200
Толщина утеплителя	мм	>150-200
Толщина декоративного слоя	мм	>50

К достоинствам теплоблока можно отнести:

1. Сокращение сроков строительства, утепление и наружная отделка ведется в один ряд с возведением стены;
2. Снижение нагрузки на фундамент, стены из теплоблоков в 2–3 раза дешевле стен из кирпичей;
3. Высокие теплотехнические характеристики;
4. Значительное снижение средств на транспортные расходы;
5. Эстетичный внешний вид, одинаковые и точно выверенные размеры;
6. Различная номенклатура, возможность изготовления закругленных теплоблоков нужного диаметра;
7. Сокращение труда рабочих.

Однако, у теплоблоков имеются и недостатки:

1. Большой вес; масса стандартного теплоблока составляет порядка 24 кг;
2. Высокие требования к заделке стыков; возможность образования «мостиков холода» в местах недостаточно прочного и плотного соединения блоков;
3. Необходимость обустройства в помещении принудительной вентиляции вследствие пониженной паропроницаемости наружных стен из теплоблоков, по сравнению с традиционными конструкциями [1–14, 60–66].

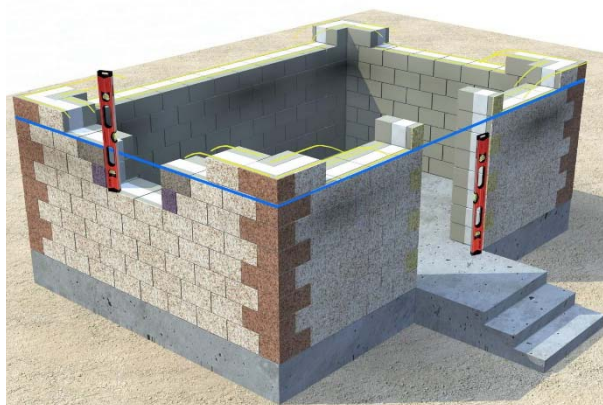
## 5. Применение теплоблоков

Энергоэффективность до недавнего времени не была приоритетной задачей в нашей стране, что связано с большим количеством энергетических ресурсов и их низкой ценой. Но сегодня мировая тенденция, которая ориентирована на энергоэффективность, начинает влиять и на российскую архитектурно-строительную сферу. Одним из архитектурных приемов повышения энергоэффективности здания является использование материалов, способных уменьшить теплопотери здания и сделать внутренний микроклимат более комфортным. Активно развивается сфера деятельности человека, такая, как разработка энергоэффективных материалов, способных эффективно расходовать энергию, и одним из таких материалов является трехслойный теплоэффективный блок – теплоблок [91–92].

Теплоблок был изобретён в Финляндии для строительства зданий и сооружений без использования тяжёлой строительной техники в труднодоступных гористых местностях. На территории России теплоблок применяют больше 10 лет. В настоящее время производство теплоблоков налажено в: Санкт-Петербурге,

Москве, Казани, Ижевске, Екатеринбурге, Тюмени, Севастополе и т.д. География же строительства домов из теплоблока: Москва, Ижевск, Уральский регион, Сибирь, Дальний Восток, Украина и др.

Теплоблок востребован при возведении несущих стеновых конструкций для различного рода зданий и сооружений; реже материал применяется для создания внутренних перегородок, ввиду своих габаритов (рис. 3).



**Рисунок 3. Возведение несущих стеновых конструкций из теплоблоков**

Основная сфера применения теплоблоков в качестве несущих ограждающих элементов – малоэтажное строительство жилых зданий, а также объектов хозяйственного назначения. Однако, в случае дополнительного армирования, возможно использование теплоблоков при возведении строительных объектов выше 3 этажей. В каркасном строительстве теплоблоки могут служить самонесущей конструкцией без ограничения этажности [1–14].

## 6. Заключение

Обзор современных строительных материалов, применяемых в качестве ограждающих конструкций для монолитно-каркасного строительства, показал, что трехслойный блок – теплоблок все увереннее занимает свою нишу в строительной отрасли, поскольку сбережение тепла является немаловажной задачей при возведении зданий и сооружений. В результате проведенного аналитического обзора выявлены положительные стороны и недостатки теплоблока, его технические характеристики, а также описана технология производства, область применения и номенклатура. Можно говорить о том, что с развитием автоматизации проектирования становится возможным расширить зону использования данного изделия, делая его пригодным для эксплуатации в различных климатических зонах мира, поскольку исследования не выявили каких-либо ограничений применения теплоблоков в зависимости от климатических воздействий.

### Литература

- [1]. Бондарев М.П. Особенности жилищного строительства в России и новый стеновой материал. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – Москва, 2011. №6(147), 22-24 с.
- [2]. Турсунулы Б.Т. Энергоэффективные свойства ограждающих конструкций из теплоэффективных блоков: Диссертация на соискание квалификации магистра техники и технологии строительства. – СПб, 2014.
- [3]. Blazhko A.A. A three-layer external wall panel. // Жилищное строительство, №10, 2015. 32-33с.
- [4]. Турчаненко А.К., Смирнов С.И. Особенности проектирования трёхслойных ограждающих конструкций. // Строительство уникальных зданий и сооружений, 10(25). 2014. 108-122 с.
- [5]. Король Е.А. Трёхслойные железобетонные ограждающие конструкции с монолитной связью слоев и методы их расчета: Дис. докт. техн. наук – Москва, 2001.
- [6]. Данель В.В. Трёхслойные наружные стеновые панели с повышенной несущей способностью. // Жилищное строительство, №7, 2014. 48-52с.
- [7]. Король Е.А., Пугач Е.М., Латушкин В.Е. Структурный анализ затрат при производстве энергосберегающих многослойных ограждающих конструкций. Изд-во Волгоград – 2004. – с.39-43

- [8]. Король Е.А., Пугач Е.М., Ратушный В.Е. Разработка технических решений и технологии производства энергосберегающих многослойных ограждающих конструкций повышенной надежности с теплоизоляционным слоем из бетона низкой теплопроводности М.: MGSU: 2003.
- [9]. Ватин Н.И., Петриченко М.Р., Корниенко С.В., Горшков А.С., Немова Д.В. Воздушный режим трехслойной стеновой конструкции. // Строительство уникальных зданий и сооружений, 6(45). 2016. 102-114 с.
- [10]. Демченко Д.Б. Экспериментально-теоретическое изучение несущей способности шестиугольной трехслойной панели покрытия: Дис. канд. техн. наук. – Ростов-на-Дону, 1999.
- [11]. Луговой А.Н.1, Ковригин А.Г. Трехслойные железобетонные стеновые панели с композитными гибкими связями. // Строительные материалы, №5, 2015. 35-38с.
- [12]. Ao Zhou, Kwun-Wah Wong, Denvid Lau. Thermal Insulating Concrete Wall Panel Design for Sustainable Built Environment. // The Scientific World Journal, №10, Egypt, 2014.
- [13]. Pagliolico S.L., Sassi G., Cascone Y., Bongiovanni R.M. A reference device for evaluating the thermal behavior of installed multilayered wall containing a phase change material. // Energy Conversion and Management, December 2015, Pages 1409–1417.
- [14]. Shujuan Hou, Chengfu Shu, Shuyun Zhao, Tangying Liu, Xu Han, Qing Li. Experimental and numerical studies on multi-layered corrugated sandwich panels under crushing loading. // Composite Structures, August 2015, Pages 371–385.
- [15]. Цвяк А.Н. Разработка ограждающих конструкций с регулируемой воздухопроницаемостью. Дисс.канд.техн.наук., Омск, 2004.
- [16]. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87»
- [17]. Кузьменко Д.В., Ватин Н.И. Ограждающая конструкция «нулевой толщины» - термопанель. // Инженерно-строительный журнал, №1, 2008. 13-21 с.
- [18]. Рубашкина Т.И. Исследование эффективности современных утеплителей в многослойных ограждающих конструкциях зданий. Дис.канд.техн.наук, Чита, 2009.
- [19]. Иванов Н.А. Прочность и деформативность сжатых элементов кладки из мелких ячеистобетонных блоков с косвенным армированием. Дис.канд.техн.наук, Воронеж, 2005.
- [20]. Погорелова И.А. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов. Дис.канд.техн.наук, Белгород, 2009.
- [21]. Алфимов С.И. Автоклавные ячеистые бетоны на основе попутно-добываемых песчано-глинистых пород. Дис.канд.техн.наук, Белгород, 2007.
- [22]. Горшков А.С., Ватин Н.И. Свойства стеновых конструкций из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановом клею. // Инженерно-строительный журнал, №5, 2013. 5-19 с.
- [23]. Литвиненко Д.В. Наружные ненесущие стены из ячеистого бетона плотностью D400-D600 в виде блоков для многоэтажных монолитных зданий. Дис.канд.техн.наук, Москва, 2005.
- [24]. Болотникова О.В. Жаростойкие ячеистые теплоизоляционные бетоны на минеральном вяжущем. Дис.канд.техн.наук, Пенза, 2006.
- [25]. Бердюгин И.А. Теплоизоляционные материалы в строительстве. Каменная вата или стекловолокно: сравнительный анализ. // Инженерно-строительный журнал, №1, 2010, 26-31 с.
- [26]. Фомина Е.В. Особенности твердения композиционных вяжущих в технологии автоклавных ячеистых материалов. Дис.канд.техн.наук, Белгород, 2007.
- [27]. Баутина Е.В. Оценка состояния ячеистого силикатного бетона в ограждающих конструкциях жилых зданий с длительным сроком эксплуатации. Дисс.канд.техн.наук, Воронеж, 2006.
- [28]. Halina Garbalińska, Magdalena Bocheneka, Winfried Malornyb, Julia von Werderb. Comparative analysis of the dynamic vapor sorption (DVS) technique and the traditional method for sorption isotherms determination — Exemplified at autoclaved aerated concrete samples of four density classes. // Cement and Concrete Research, January 2016, Pages 97–105.
- [29]. Гринфельд Г.И., Куптараева П.Д. Кладка из автоклавного газобетона с наружным утеплением. Особенности влажностного режима в начальный период эксплуатации. // Инженерно-строительный журнал, №8, 2011. 41-50 с.
- [30]. Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на композиционных вяжущих. Дисс.канд.техн.наук, Белгород, 2010.

- [31]. Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Дисс.канд.техн.наук, Белгород, 2011.
- [32]. Макридов Г.В. Газосиликат и газобетон с улучшенными эксплуатационными свойствами. Дисс.канд.техн.наук, Самара, 2001.
- [33]. X.Y. Conga, S. Lua, Y. Yaob, Z. Wang. Fabrication and characterization of self-ignition coal gangue autoclaved aerated concrete. // *Materials & Design*, 5 May 2016, Pages 155–162.
- [34]. Веревкин О.А. Наполненные пенобетоны и ограждающие конструкции с их применением. Дисс.канд.техн.наук, Самара, 2000.
- [35]. Шахова Л.Д. Повышение эффективности производства неавтоклавных пенобетонов с заданными свойствами. Дисс.канд.техн.наук, Белгород, 2007.
- [36]. Красникова Н.М. Сухие смеси для неавтоклавного пенобетона. Дисс.канд.техн.наук, Казань, 2010.
- [37]. Хитров А.В. Технология и свойства пенобетона с учетом природы вводимой пены. Дисс.канд.техн.наук, Санкт-Петербург, 2006.
- [38]. Петров С.Д. Ускорение твердения монолитного пенобетона при пониженных и отрицательных температурах. Дисс.канд.техн.наук, Санкт-Петербург, 2005.
- [39]. Оцоков К.А. Повышение эффективности пенобетона путем использования местных материалов. Дисс.канд.техн.наук, Москва, 2002.
- [40]. Ali A. Sayadia, T. Juan Vilchesb, Thomas R. Neizerta, G. Charles Cliftonc. Effectiveness of foamed concrete density and locking patterns on bond strength of galvanized strip. // *Construction and Building Materials*, 15 July 2016, Pages 221–229.
- [41]. Eva Kuzielová, Ladislav Pacha, Martin Palou. Effect of activated foaming agent on the foam concrete properties. // *Construction and Building Materials*, 30 October 2016, Pages 998–1004.
- [42]. Christina Krämer, Matthias Schauerte, Torsten Müller, Sören Gebhard, Reinhard Trettin. Application of reinforced three-phase-foams in UHPC foam concrete. // *Construction and Building Materials*, 17 November 2015, Pages 225–231.
- [43]. Комиссаренко Б.С. Керамзитобетон для эффективных ограждающих конструкций. Дис.док.техн.наук, Самара, 2000.
- [44]. Горин В.М., Шиянов Л.П. Керамзит и керамзитобетон в жилищном строительстве и коммунальном хозяйстве. // *Строительные материалы*, №7, 2007. 98-100с.
- [45]. Ремезова Т.И. Технология возведения теплоэффективных керамзитобетонных монолитных наружных стен с вертикальными цилиндрическими каналами. Дисс.канд.техн.наук, Барнаул, 2010.
- [46]. Горин В.М., Токарева С.А., Кабанова М.К. Эффективный керамзитобетон в России. // *Строительные материалы*, №9, 2009. 54-57с.
- [47]. Дронова А.В. Каркасные конструктивные системы малоэтажных жилых домов из монолитного керамзитобетона: Дис. канд. техн. наук. – Белгород, 2012.
- [48]. Уфимцев В.М., Коробейникова Л.А. Шлаки в составе бетона: новые возможности. // *Технологии бетона*, №1(78), 2013. 46-49с.
- [49]. Салахова Р.А. Высокопрочные керамические стеновые изделия из легкоплавких глинистых и опал-кристобалитовых пород. Дисс.канд.техн.наук, Красково, 2010.
- [50]. Фабричная К.А. Прочность каменной кладки из пустотелых керамических камней при центральном сжатии. Дисс.канд.техн.наук, Казань, 2013.
- [51]. Ананьев А.А. Повышение долговечности лицевого керамического кирпича и камня в наружных стенах зданий. Дисс.канд.техн.наук, Москва, 2007.
- [52]. Чупшев В.Б. Облегченный силикатный кирпич на активированном керамзитовом песке. Дисс.канд.техн.наук, Самара, 2002.
- [53]. Веревкин К.А. Керамический лицевой кирпич на основе высокожелезистых глин редуцированного обжига. Дисс.канд.техн.наук, Ростов-на-Дону, 2011.
- [54]. Пикалов Е.С. Модифицированный керамический кирпич на основе низкосортной глины. Дисс.канд.техн.наук, Иваново, 2011.



- [55]. Shaodan Houa, Fusheng Liua, Shaojie Wang, Hanbing Bian. Coupled heat and moisture transfer in hollow concrete block wall filled with compressed straw bricks. // *Energy and Buildings*, 15 January 2016, Pages 74–84.
- [56]. Umnyakova Ninaa, Chernysheva Oxana. Thermal Features of Three-layer Brick Walls. // *Procedia Engineering*, 2017, Pages 805–809.
- [57]. Monika Zielinskaa, Joanna Misiewicz. Analysis of Historic Brick Walls' Strengthening Methods. // *Procedia Engineering*, 2017, Pages 771–776.
- [58]. A. Martinsa, G. Vasconcelosa, A. Campos Costab. Brick masonry veneer walls: An overview. // *Journal of Building Engineering*, January 2017, Pages 29–41.
- [59]. Ryabukhina S., Simankina T., Sokolovskii N., Koshkarova M., Ryzhkov O. Combined thermal insulating module of mounted vented facades // *MATEC Web of Conferences* 15. Сер. "15th International Conference "Topical Problems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology - 2016", TPACEE 2016" 2016. С. 02005.
- [60]. Король Е.А., Пугач Е.М., Николаев А.Е. Влияние технологии на эксплуатационные характеристики стен. Сборник докладов ежегодной конференции по результатам научно-исследовательской работы студентов Московского государственного строительного университета. М: МГСУ – 2005. – с.73.
- [61]. Лещиков В.А. Теплоэффективный стеновой блок и оборудование для его производства. // *Промышленное и гражданское строительство: Ежемесячный научно-технический и производственный журнал*. – Москва, 2006. №7, 33 с.
- [62]. Король Е.А., Пугач Е.М., Николаев А.Е. Технологическая и экономическая эффективность трехслойных ограждающих конструкций для энергоэффективных зданий. // *Строительные науки. Строительная теплофизика и энергосбережение*, МГСУ, 2009, 415-418 с.
- [63]. Пугач Е.М. Технология изготовления трехслойных блоков для возведения энергоэффективных ограждающих конструкций: Дис. канд. техн. наук – Москва, 2005.
- [64]. Бурнайкин Н.Ф. Технология получения трехслойных изделий на основе каркасных бетонов. Дис.канд.техн.наук, Саранск, 2003.
- [65]. Кириченко В.А., Крылов Б.А. Новая технология изготовления трехслойных панелей для наружных стен с высокими теплозащитными свойствами. // *Технологии бетонов*, №6(83), 2013. 45-47 с.
- [66]. Копырин П.Д., Романова Е.С. Современные технологические линии для производства трехслойных стеновых панелей. // *Вестник МГСУ* №4, 2011. 490с.
- [67]. Каранаева Р.З., Бабков В.В., Синицин Д.А., Колесник Г.С. Пенополистирол как утеплитель в составе наружных стен зданий. // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: техника и технологии*, №1, 2011. 21-27с.
- [68]. Данель В.В. Пенополистирол в наружных стеновых панелях. // *Жилищное строительство*, №7, 2012. 16-18с.
- [69]. Жуков В.И., Евсеев Л.Д. Типичные недостатки наружного утепления зданий пенополистиролом. // *Строительные материалы*, №6, 2007. 27-31с.
- [70]. Бек-Булатов А.И. Пенополистирол – история создания и долговечность. // *Строительные материалы*, №3, 2010. 92-93с.
- [71]. Пак А.А. Пенополистирол – аргументы «за» и «против» его применения в строительстве. // *Север промышленный*, №3, 2011. 28-30с.
- [72]. Андрианов К.А., Ярцев В.П. Пенополистирол для ограждающих конструкций. // *Жилищное строительство*, №2, 2004. 12-15с.
- [73]. Баранов А.В., Федюк Р.С. Совместная работа бетона и пенополистирола в ограждающих конструкциях. // *Изд-во Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова. Белгород*, 2015. 22-25с.
- [74]. Кириченко В.А. Термообработка полистиролбетона в трехслойных панелях. Дис.канд.техн.наук, Загородные Дали, 2009.
- [75]. Лушников С.Д. Прочность сжатых железобетонных трехслойных элементов с теплоизоляцией из низкомарочного полистиролбетона: Дис. . канд. техн. наук.-М., 1991.-202 с.
- [76]. Нигманов З.М. Влияние поперечного армирования на трещиностойкость, деформации и прочность изгибаемых трехслойных элементов с утеплителем из полистиролбетона низкой прочности: Дис. канд.техн.наук. Ташкент, 1994.

- [77]. Блажко В.П., Граник М.Ю. Гибкие базальтопластиковые связи для применения в трехслойных панелях наружных стен. // Строительные материалы, №5, 2015.
- [78]. Ульянич Ю.А., Улыбин А.В. Использование стеклопластиковой арматуры. // XXXIV Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции. – 2006, 116-117 с.
- [79]. Теплова Ж.С., Киски С.С., Стрижкова Я.Н. Стеклопластиковая арматура для армирования бетонных конструкций. // Строительство уникальных зданий и сооружений, №9(24), 2014. 49-70с.
- [80]. Гиздатуллин А.Р., Хозин В.Г., Куклин А.Н., Хуснутдинов А.М. Особенности испытаний и характер разрушения полимеркомпозитной арматуры. // Инженерно-строительный журнал, №3, 2014. 40-47 с.
- [81]. Гиздатуллин А.Р., Хусаинов Р.Р., Хозин В.Г., Красиникова Н.М. Прочность и деформативность бетонных конструкций, армированных полимеркомпозитными стержнями. // Инженерно-строительный журнал, №2, 2016. 32-41 с.
- [82]. Башара В.А., Савин В.Ф. Стеклопластиковая арматура в современном домостроении. // Строительные материалы, №4, 2000. 6-8с.
- [83]. Воробьева Н.А., Черникова М.Н. Стеклопластиковая арматура в строительстве. // Молодежная наука 2014: Технологии, инновации. Изд-во ИПЦ Прокрость, Пермь, 2014. 267-269с.
- [84]. Кутляров Д.Н., Кутляров А.Н., Валиева Э.Т. Композитная стеклопластиковая арматура. // Аграрная наука в инновационном развитии АПК, Башкирский госуд-ый аграрный университет, Уфа, 2015. 230-233с.
- [85]. Лубенская Л.А., Мишура М.А. Композитная стеклопластиковая арматура: производство и преимущества. // Актуальные вопросы теории и практики применения композитной арматуры в строительстве. Изд-во Ижевский гос-ый технический университет им. М.Т.Калашникова, Ижевск, 2015. 99-104с.
- [86]. Корнюшин В.М., Куцев И.Е., Коченов В.В. Стеклопластиковая и базальтопластиковая композитная арматура. // Новые технологии в науке, образовании, производстве, 2014. 440-447с.
- [87]. Окольников Г.Э., Герасимов С.В. Перспективы использования композитной арматуры в строительстве. // Экология и строительство, №3, 2015. 14-21с.
- [88]. Староверов В.Д., Бароев Р.В., Цурупа А.А., Кришталевиц А.К. Композитная арматура: проблемы применения. // Вестник гражданских инженеров, №3(50), 2015. 171-178с.
- [89]. ТУ 5741-001-76847650-2011 «Блоки стеновые многослойные теплосберегающие»
- [90]. Евдокимов А.А. Физико-механические свойства теплоизоляционных легких бетонов на пористых заполнителях для трехслойных стеновых панелей. Дис. канд.техн.наук. М., 1989.-134с.
- [91]. Дмитриев А.Н. Энергосберегающие ограждающие конструкции гражданских зданий с эффективными утеплителями. Дисс.канд.техн.наук, Москва, 1999.
- [92]. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261 -ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». М., 2009.
- [93]. Ватин Н.И., Горшков А.С., Корниенко С.В., Пестряков И.И. Потребительские свойства стеновых изделий из автоклавного газобетона // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1. С. 78–101.
- [94]. Korniyenko S. Evaluation of thermal performance of residential building envelope. Procedia Engineering. 2015. No. 117. Pp. 191–196.
- [95]. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С. Натурные теплофизические испытания жилых зданий из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 4 (64). С. 10–25.

## Thermal block efficiency as external walling

S.Y. Tarabukina <sup>1\*</sup>, T.L. Simankina <sup>2</sup>, A.A. Kirilkina <sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia*

---

### Article info

review

doi: 10.18720/CUBS.54.4

### Article history

Received 09.12.2016

### Keywords

thermal block;  
three-layer wall panel;  
effective insulation material;  
three-layer external walls;  
external walls;  
energy saving;  
energy efficiency.

---

### ABSTRACT

The article gives an overview of various enclosing materials and products that are used in monolithic frame construction. Their distinctive features are considered. In addition, as a result of the analytical review, advantages and disadvantages were revealed, the produced nomenclature, production technology, technical characteristics of the thermal block - a three-layered enclosing wall structure, as well as the area of its application. It was noted that the thermal block with the development of design automation, it becomes possible to expand the zone of use of this material, manufacturing it for operation in different climatic regions of the world, taking into account specific features.

---

#### Contact information:

- <sup>1</sup> \* +7(931)2379875, s.yurievna@mail.ru (Sardaana Tarabukina, Student)  
<sup>2</sup> +7(952)3991288, talesim@mail.ru (Tat'yana Simankina, PhD, Associate Professor)  
<sup>3</sup> +7(911)7170977, civilengan@gmail.com (Anna Kirilkina, Student)

## References

- [1]. Bondarev M.P. Osobennosti zhilishchnogo stroitelstva v Rossii i novyy stenovoy material [Features of housing construction in Russia and new wall material] Construction materials, the equipment, technologies of XXI century. Moscow: 2011. 6(147). pp. 22-24. (rus)
- [2]. Tursunuly B.T. Energoeffektivnyye svoystva ograzhdayushchikh konstruksiy iz teploeffektivnykh blokov [Energy-efficient properties of enclosing structures from heat-efficient blocks]. SPb: 2014. (rus)
- [3]. Blazhko A.A. A three-layer external wall panel. Zhilishchnoe Stroitel'stvo, 2015. №10. pp. 32-33.
- [4]. Turchanenko A.K., Smirnov S.I. Osobennosti proyektirovaniya trekhsloynnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Features of designing three-layered enclosing structures] Construction of Unique Buildings and Structures, 2014. 10(25). pp. 108-122. (rus)
- [5]. Korol Ye.A. Trekhsloynnyye zhelezobetonnyye ograzhdayushchiye konstruksii s monolitnoy svyazyu sloyev i metody ikh rascheta [Three-layer reinforced concrete enclosing structures with a monolithic bond of layers and methods for their calculation]. Moscow: 2001. (rus)
- [6]. Danel V.V. Trekhsloynnyye naruzhnyye stenovyie paneli s povyshennoy nesushchey sposobnost [Three-layer outer wall panels with increased bearing capacity] Zhilishchnoe Stroitel'stvo, 2014. №7. pp. 48-52. (rus)
- [7]. Korol Ye.A., Pugach Ye.M., Latushkin V.Ye. Strukturnyy analiz zatrat pri proizvodstve energosberegayushchikh mnogoslonykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Structural cost analysis for the production of energy-saving multi-layered enclosing structures]. Volgograd: 2004. pp. 39-43. (rus)
- [8]. Korol Ye.A., Pugach Ye.M., Ratushnyy V.Ye. Razrabotka tekhnicheskikh resheniy i tekhnologii proizvodstva energosberegayushchikh mnogoslonykh ograzhdayushchikh konstruksiy povyshennoy nadezhnosti s teploizolyatsionnym sloyem iz betona nizkoy teploprovodnosti [Development of technical solutions and production technologies for energy-saving multi-layered enclosing structures of increased reliability with a heat-insulating layer of low thermal conductivity concrete]. M.: MGSU – 2003. (rus)
- [9]. Vatin N.I., Petrichenko M.R., Korniyenko S.V., Gorshkov A.S., Nemova D.V. Vozdushnyy rezhim trekhsloynnoy stenovoy konstruksii [The air regime of a three-layer wall structure]. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016. 6(45). pp. 102-114. (rus)
- [10]. Demchenko D.B. Eksperimentalno-teoreticheskoye izucheniye nesushchey sposobnosti shestiyugolnoy trekhsloynnoy paneli pokrytiya [Experimental-theoretical study of the load-bearing capacity of a hexagonal three-layer coating panel]. Rostov-na-Donu, 1999. (rus)
- [11]. Lugovoy A.N.1, Kovrigin A.G. Trekhsloynnyye zhelezobetonnyye stenovyie paneli s kompozitnymi gibkimi svyazyami [Three-layer reinforced concrete wall panels with composite flexible connections]. Stroitelnyye materialy. №5. 2015. pp. 35-38. (rus)
- [12]. Ao Zhou, Kwun-Wah Wong, Denvid Lau. Thermal Insulating Concrete Wall Panel Design for Sustainable Built Environment. The Scientific World Journal, №10, Egypt, 2014.
- [13]. Pagliolico S.L., Sassi G., Cascone Y., Bongiovanni R.M. A reference device for evaluating the thermal behavior of installed multilayered wall containing a phase change material. Energy Conversion and Management, December 2015, pp. 1409–1417.
- [14]. Shujuan Hou, Chengfu Shu, Shuyun Zhao, Tangying Liu, Xu Han, Qing Li. Experimental and numerical studies on multi-layered corrugated sandwich panels under crushing loading. Composite Structures, August 2015, pp. 371–385.
- [15]. Tsvyak A.N. Razrabotka ograzhdayushchikh konstruksiy s reguliruyemoy vozdukhopronitsayemostyu. [Development of enclosing structures with adjustable air permeability]. Omsk: 2004. (rus)
- [16]. SP 70.13330.2012 «Nesushchiye i ograzhdayushchiye konstruksii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 3.03.01-87» [Load-bearing and separating constructions]. (rus)
- [17]. Kuzmenko D.V., Vatin N.I. Ograzhdayushchaya konstruksiya «nulevoy tolshchiny» - termopanel [Fencing structure of "zero thickness" – thermopanel]. Magazine of Civil Engineering №1. 2008. pp. 13-21. (rus)
- [18]. Rubashkina T.I. Issledovaniye effektivnosti sovremennykh uteplyteley v mnogoslonykh ograzhdayushchikh konstruksiyakh zdaniy [Research of efficiency of modern heaters in multilayered enclosing structures of buildings]. Chita: 2009. (rus)



- [19]. Ivanov N.A. Prochnost i deformativnost szhatykh elementov kladki iz melkikh yacheistobetonnykh blokov s kosvennym armirovaniyem [Strength and deformability of compressed masonry elements from small cellular concrete blocks with indirect reinforcement]. Voronezh: 2005. (rus)
- [20]. Pogorelova I.A. Sukhiye stroitelnyye smesi dlya neavtoklavnykh yacheistykh betonov [Dry building mixtures for non-autoclaved cellular concrete]. Belgorod: 2009. (rus)
- [21]. Alfimov S.I. Avtoklavnyye yacheistyye betony na osnove poputno-dobyvayemykh peschano-glinistykh porod [Autoclaved cellular concrete on the basis of concurrently extracted sandy-argillaceous rocks]. Belgorod: 2007. (rus)
- [22]. Gorshkov A.S., Vatin N.I. Svoystva stenovykh konstruksiy iz yacheistobetonnykh izdeliy avtoklavnogo tverdeniya na poliuretanovom kleyu [Properties of wall constructions from cellular concrete products of autoclave hardening on polyurethane glue]. Magazine of Civil Engineering. 2013. №5. pp. 5-19. (rus)
- [23]. Litvinenko D.V. Naruzhnyye nenesushchiye steny iz yacheistogo betona plotnostyu D400-D600 v vide blokov dlya mnogoetazhnykh monolitnykh zdaniy [External curtain walls of cellular concrete density D400-D600 in the form of blocks for multi-storey monolithic buildings]. Moscow: 2005. (rus)
- [24]. Bolotnikova O.V. Zharostoykiye yacheistyye teploizolyatsionnyye betony na mineralnom vyazhushchem [Heat-resistant cellular heat-insulating concretes on mineral binder]. Penza: 2006. (rus)
- [25]. Berdyugin I.A. Teploizolyatsionnyye materialy v stroitelstve. Kamennaya vata ili steklovolokno: sravnitelnyy analiz [Heat-insulating materials in construction. Stone wool or fiberglass: a comparative analysis]. Magazine of Civil Engineering. 2010. №1. pp. 26-31. (rus)
- [26]. Fomina Ye.V. Osobennosti tverdeniya kompozitsionnykh vyazhushchikh v tekhnologii avtoklavnykh yacheistykh materialov [Features of curing composite binder in the technology of autoclaved cellular materials]. Belgorod: 2007. (rus)
- [27]. Bautina Ye.V. Otsenka sostoyaniya yacheistogo silikatnogo betona v ograzhdayushchikh konstruksiyakh zhilykh zdaniy s dlitelnyim srokom ekspluatatsii [Assessment of the state of cellular silicate concrete in the enclosing structures of residential buildings with a long service life]. Voronezh: 2006. (rus)
- [28]. Halina Garbalińska, Magdalena Bocheneka, Winfried Malornyb, Julia von Werderb. Comparative analysis of the dynamic vapor sorption (DVS) technique and the traditional method for sorption isotherms determination — Exemplified at autoclaved aerated concrete samples of four density classes. Cement and Concrete Research, January 2016, pp. 97–105.
- [29]. Grinfeld G.I., Kuptarayeva P.D. Kladka iz avtoklavnogo gazobetona s naruzhnym utepleniyem. Osobennosti vlazhnostnogo rezhima v nachalnyy period ekspluatatsii [Masonry made of autoclaved aerated concrete with external insulation. Features of the humidity regime in the initial period of operation]. Magazine of Civil Engineering, №8. 2011.pp. 41-50. (rus)
- [30]. Suleymanov A.G. Neavtoklavnyye gazobetonny na kompozitsionnykh vyazhushchikh [Non-autoclaved aerated concrete on composite binder]. Belgorod: 2010. (rus)
- [31]. Kara K.A. Gazobetonny na kompozitsionnykh vyazhushchikh dlya monolitnogo stroitelstva [Aerated Concrete Aerated Concrete for Monolithic Construction]. Belgorod: 2011. (rus)
- [32]. Makridov G.V. Gazosilikat i gazobeton s uluchshennymi ekspluatatsionnymi svoystvami [Gas-silicate and aerated concrete with improved performance properties]. Samara: 2001. (rus)
- [33]. X.Y. Conga, S. Lua, Y. Yaob, Z. Wang. Fabrication and characterization of self-ignition coal gangue autoclaved aerated concrete. Materials & Design, 5 May 2016, pp. 155–162.
- [34]. Verevkin O.A. Napolnennyye penobetonny i ograzhdayushchiye konstruksii s ikh primeneniym [Filled foam concrete and enclosing structures with their application]. Samara: 2000. (rus)
- [35]. Shakhova L.D. Povysheniye effektivnosti proizvodstva neavtoklavnykh penobetonov s zadannymi svoystvami [Increase of production efficiency of non-autoclave foam concrete with specified properties]. Belgorod: 2007. (rus)
- [36]. Krasnikova N.M. Sukhiye smesi dlya neavtoklavnogo penobetona [Dry mixtures for non-autoclave foam concrete]. Kazan: 2010. (rus)
- [37]. Khitrov A.V. Tekhnologiya i svoystva penobetona s uchetom prirody vvodimoy peny [Technology and properties of foam concrete, taking into account the nature of the foam introduced]. SPb: 2006. (rus)
- [38]. Petrov S.D. Uskoreniye tverdeniya monolitnogo penobetona pri ponizhennykh i otritsatelnykh temperaturakh [Acceleration of hardening of monolithic foam concrete at low and negative temperatures]. SPb: 2005. (rus)

- [39]. Otsokov K.A. Povysheniye effektivnosti penobetona putem ispolzovaniya mestnykh materialov [Increasing the effectiveness of foam concrete by using local materials]. Moscow: 2002. (rus)
- [40]. Ali A. Sayadia, T. Juan Vilchesb, Thomas R. Neizerta, G. Charles Cliftonc. Effectiveness of foamed concrete density and locking patterns on bond strength of galvanized strip. *Construction and Building Materials*, 15 July 2016, pp. 221-229.
- [41]. Eva Kuzielováa, Ladislav Pacha, Martin Palou. Effect of activated foaming agent on the foam concrete properties. *Construction and Building Materials*, 30 October 2016, pp. 998–1004.
- [42]. Christina Krämer, Matthias Schauerte, Torsten Müller, Sören Gebhard, Reinhard Trettin. Application of reinforced three-phase-foams in UHPC foam concrete. *Construction and Building Materials*, 17 November 2015, pp. 225-231.
- [43]. Komissarenko B.S. Keramzitobeton dlya effektivnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [Expanded clay concrete for effective enclosing structures]. Samara: 2000. (rus)
- [44]. Gorin V.M., Shiyonov L.P. Keramzit i keramzitobeton v zhilishchnom stroitelstve i kommunalnom khozyaystve [Expanded clay and claydite in residential construction and public utilities]. *Stroitelnyye materialy*. №7. 2007. pp. 98-100. (rus)
- [45]. Remezova T.I. Tekhnologiya vozvedeniya teploeffektivnykh keramzitobetonnykh monolitnykh naruzhnykh sten s vertikalnymi tsilindricheskimi kanalami [Technology of erecting heat-efficient claydite-concrete monolithic external walls with vertical cylindrical channels]. Barnaul: 2010. (rus)
- [46]. Gorin V.M., Tokareva S.A., Kabanova M.K. Effektivnyy keramzitobeton v Rossii [Effective expanded clay concrete in Russia]. *Stroitelnyye materialy*. №9. 2009. pp. 54-57. (rus)
- [47]. Dronova A.V. Karkasnyye konstruktivnyye sistemy maloetazhnykh zhilykh domoy iz monolitnogo keramzitobetona [Frame structural systems of low-rise apartment houses from monolithic expanded clay concrete]. Belgorod, 2012. (rus)
- [48]. Ufimtsev V.M., Korobeynikova L.A. Shlaki v sostave betona: novyye vozmozhnosti [Slag in concrete: new opportunities]. *Concrete Technologies*. №1(78). 2013. pp. 46-49. (rus)
- [49]. Salakhova R.A. Vysokoprochnyye keramicheskiye stenovyye izdeliya iz legkoplavkikh glinistykh i opal-kristobalitovykh porod [High-strength ceramic wall products from low-melting argillaceous and opal-cristobalite rocks]. Kraskovo, 2010. (rus)
- [50]. Fabrichnaya K.A. Prochnost kamennoy kladki iz pustotelykh keramicheskikh kamney pri tsentralnom szhatii [Durability of masonry from hollow ceramic stones with central compression]. Kazan, 2013. (rus)
- [51]. Ananyev A.A. Povysheniye dolgovechnosti litseвого keramicheskogo kirpicha i kamnya v naruzhnykh stenakh zdaniy [Increasing the durability of facial ceramic brick and stone in the exterior walls of buildings]. Moscow, 2007. (rus)
- [52]. Chupshev V.B. Oblegchenny silikatnyy kirpich na aktivirovannom keramzitovom peske [Lightweight silica brick on activated expanded clay sand]. Samara, 2002. (rus)
- [53]. Verevkin K.A. Keramicheskiy litsevoy kirpich na osnove vysokozhelezistykh glin reduktsionnogo obzhiga [Ceramic facing brick based on high-iron clay reduction firing]. Rostov-na-Donu, 2011. (rus)
- [54]. Pikalov Ye.S. Modifitsirovanny keramicheskiy kirpich na osnove nizkosortnoy gliny [Modified ceramic brick based on low-grade clay]. Ivanovo, 2011. (rus)
- [55]. Shaodan Houa, Fusheng Liua, Shaojie Wanga, Hanbing Bian. Coupled heat and moisture transfer in hollow concrete block wall filled with compressed straw bricks. *Energy and Buildings*, 15 January 2016, pp. 74–84.
- [56]. Umnyakova Ninaa, Chernysheva Oxana. Thermal Features of Three-layer Brick Walls. *Procedia Engineering*, 2017, pp. 805–809.
- [57]. Monika Zielinskaa, Joanna Misiewicz. Analysis of Historic Brick Walls' Strengthening Methods. *Procedia Engineering*, 2017, pp. 771–776.
- [58]. Martinsa A., G. Vasconcelosa, A. Campos Costab. Brick masonry veneer walls: An overview. *Journal of Building Engineering*, January 2017, pp. 29–41.
- [59]. Ryabukhina S., Simankina T., Sokolovskii N., Koshkarova M., Ryzhkov O. Combined thermal insulating module of mounted vented facades. *MATEC Web of Conferences* 15. Ser. "15th International Conference "Topical Problems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology - 2016", TPACEE 2016" 2016. S. 02005.
- [60]. Korol Ye.A., Pugach Ye.M., Nikolayev A.Ye. Vliyaniye tekhnologii na ekspluatatsionnyye kharakteristiki sten [The effect of technology on the performance characteristics of walls]. M: MGSU – 2005. p. 73. (rus)

- [61]. Leshchikov V.A. Teploeffektivnyy stenovoy blok i oborudovaniye dlya yego proizvodstva [Heat-efficient wall unit and equipment for its production]. Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo: Yezhemesyachnyy nauchno-tekhnicheskii i proizvodstvennyy zhurnal. – Moscow, 2006. №7, p. 33. (rus)
- [62]. Korol Ye.A., Pugach Ye.M., Nikolayev A.Ye. Tekhnologicheskaya i ekonomicheskaya effektivnost trekhslonnykh ograzhdayushchikh konstruksiy dlya energoeffektivnykh zdaniy [Technological and economic efficiency of three-layered enclosing structures for energy-efficient building]. MGSU, 2009. pp. 415-418. (rus)
- [63]. Pugach Ye.M. Tekhnologiya izgotovleniya trekhslonnykh blokov dlya vozvedeniya energoeffektivnykh ograzhdayushchikh konstruksiy [The technology of manufacturing three-layer blocks for the construction of energy-efficient enclosing structures]. Moscow, 2005. (rus)
- [64]. Burnaykin N.F. Tekhnologiya polucheniya trekhslonnykh izdeliy na osnove karkasnykh betonov [The technology of obtaining three-layer products based on skeleton concrete]. Saransk, 2003. (rus)
- [65]. Kirichenko V.A., Krylov B.A. Novaya tekhnologiya izgotovleniya trekhslonnykh paneley dlya naruzhnykh sten s vysokimi teplozashchitnymi svoystvami [New technology for manufacturing three-layer panels for external walls with high heat-shielding properties]. Concrete Technologies. №6(83), 2013. pp. 45-47. (rus)
- [66]. Kopyrin P.D., Romanova Ye.S. Sovremennyye tekhnologicheskiye linii dlya proizvodstva trekhslonnykh stenovykh paneley [Modern technological lines for the production of three-layer wall panels]. MGSU №4, 2011. p. 490. (rus)
- [67]. Karanayeva R.Z., Babkov V.V., Sinitsin D.A., Kolesnik G.S. Penopolistirol kak uteplitel v sostave naruzhnykh sten zdaniy [Styrofoam as a heater in the external walls of buildings]. Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: tekhnika i tekhnologii, №1. 2011. p. 21-27. (rus)
- [68]. Danel V.V. Penopolistirol v naruzhnykh stenovykh panyakh [Styrofoam in exterior wall panels]. Zhilishchnoye stroitelstvo. №7. 2012. pp. 16-18. (rus)
- [69]. Zhukov V.I., Yevseyev L.D. Tipichnyye nedostatki naruzhnogo utepleniya zdaniy penopolistirolom [Typical disadvantages of exterior insulation of buildings with expanded polystyrene]. Stroitelnyye materialy. №6. 2007. pp. 27-31. (rus)
- [70]. Bek-Bulatov A.I. Penopolistirol – istoriya sozdaniya i dolgovechnost [Styrofoam - history of creation and durability]. Stroitelnyye materialy. №3. 2010. pp. 92-93. (rus)
- [71]. Pak A.A. Penopolistirol – argumenty «za» i «protiv» yego primeneniya v stroitelstve [Styrofoam - the arguments "for" and "against" its use in construction]. North industrial. №3, 2011. pp. 28-30. (rus)
- [72]. Andrianov K.A., Yartsev V.P. Penopolistirol dlya ograzhdayushchikh konstruksiy [Styrofoam for enclosing structures]. Zhilishchnoye stroitelstvo, №2. 2004. pp. 12-15. (rus)
- [73]. Baranov A.V., Fedyuk R.S. Sovmestnaya rabota betona i penopolistirola v ograzhdayushchikh konstruksiyakh [Joint work of concrete and expanded polystyrene in enclosing structures]. Izd-vo Belgorodskiy gosudarstvennyy tekhnologicheskii universitet im. V.G.Shukhova. Belgorod, 2015. pp. 22-25. (rus)
- [74]. Kirichenko V.A. Termoobrabotka polistirolbetona v trekhslonnykh panyakh [Heat treatment of polystyrene concrete in three-layer panels]. Zagorodnyye Dali, 2009. (rus)
- [75]. Lushnikov S.D. Prochnost szhatykh zhelezobetonnykh trekhslonnykh elementov s teploizolyatsiyey iz nizkomarochnogo polistirolbetona [Strength of compressed reinforced concrete three-layer elements with thermal insulation from low-quality polystyrene concrete]. M.:1991. p. 202. (rus)
- [76]. Nigmanov Z.M. Vliyaniye poperechnogo armirovaniya na treshchinostoykost, deformatsii i prochnost izgibayemykh trekhslonnykh elementov s uteplitelem iz polistirolbetona nizkoy prochnosti [Influence of transverse reinforcement on crack resistance, deformation and strength of bent three-layer elements with insulation made of low-strength polystyrene concrete]. Tashkent, 1994. (rus)
- [77]. Blazhko V.P., Granik M.Yu. Gibkiye bazaltoplastikovyye svyazi dlya primeneniya v trekhslonnykh panyakh naruzhnykh sten [Flexible basalt-plastic connections for use in three-layer panels of external walls]. Stroitelnyye materialy, №5, 2015. (rus)
- [78]. Ulyanich Yu.A., Ulybin A.V. Ispolzovaniye stekloplastikovoy armatury [Use of fiberglass reinforcement]. XXXIV Nedelya nauki SPbGPU. 2006, pp. 116-117. (rus)
- [79]. Teplova Zh.S., Kiski S.S., Strizhkova Ya.N. Stekloplastikovaya armatura dlya armirovaniya betonnykh konstruksiy [Fiberglass reinforcement for reinforcement of concrete structures]. Construction of Unique Buildings and Structures №9(24). 2014. pp. 49-70. (rus)

- [80]. Gizdatullin A.R., Khozin V.G., Kuklin A.N., Khusnutdinov A.M. Osobennosti ispytaniy i kharakter razrusheniya polimerkompozitnoy armatury [Features of the tests and the nature of the destruction of polymer composite fittings]. Magazine of Civil Engineering. №3, 2014. pp. 40-47. (rus)
- [81]. Gizdatullin A.R., Khusainov R.R., Khozin V.G., Krasnikova N.M. Prochnost i deformativnost betonnykh konstruktsiy, armirovannykh polimerkompozitnymi sterzhnyami [Strength and deformability of concrete structures reinforced with polymer composites rods]. Magazine of Civil Engineering. №2, 2016. pp. 32-41. (rus)
- [82]. Bashara V.A., Savin V.F. Stekloplastikovaya armatura v sovremennom domostroyenii [Fiberglass reinforcement in modern housing construction]. Stroitelnyye materialy, №4, 2000. pp. 6-8. (rus)
- [83]. Vorobyeva N.A., Chernikova M.N. Stekloplastikovaya armatura v stroitelstve [Fiberglass reinforcement in construction]. Molodezhnaya nauka 2014: Tekhnologii, innovatsii. Izd-vo IPTs Prokrost, Perm, 2014. pp. 267-269. (rus)
- [84]. Kutliyarov D.N., Kutliyarov A.N., Valiyeva E.T. Kompozitnaya stekloplastikovaya armatura [Composite fiberglass reinforcement]. Ufa, 2015. pp. 230-233. (rus)
- [85]. Lubenskaya L.A., Mishura M.A. Kompozitnaya stekloplastikovaya armatura: proizvodstvo i preimushchestva [Composite fiberglass reinforcement: production and advantages]. ISTU. Izhevsk, 2015. pp. 9-104. (rus)
- [86]. Korniyushin V.M., Kushchev I.Ye., Kochenov V.V. Stekloplastikovaya i bazaltoplastikovaya kompozitnaya armatura [Fiberglass and basalt plastic composite reinforcement]. Novyye tekhnologii v nauke, obrazovanii, proizvodstve. 2014. pp. 440-447. (rus)
- [87]. Okolnikova G.E., Gerasimov S.V. Perspektivy ispolzovaniya kompozitnoy armatury v stroitelstve [Prospects for the use of composite reinforcement in construction]. Ecology and construction, №3. 2015. pp. 14-21. (rus)
- [88]. Staroverov V.D., Baroyev R.V., Tsurupa A.A., Krishtalevich A.K. Kompozitnaya armatura: problemy primeneniya [Composite fittings: application problems]. Bulletin of Civil Engineers. №3(50), 2015. pp. 171-178. (rus)
- [89]. TU 5741-001-76847650-2011 «Blokы stenovyye mnogosloynnye teplosberegayushchiye» [Walling blocks multilayer heat-saving] (rus)
- [90]. Yevdokimov A.A. Fiziko-mekhanicheskiye svoystva teploizolyatsionnykh legkikh betonov na poristyykh zapolnitelyakh dlya trekhsloynnykh stenovykh paneley [Physicomechanical properties of heat-insulating light concretes on porous aggregates for three-layer wall panels]. M.: 1989. p. 134. (rus)
- [91]. Dmitriyev A.N. Energosberegayushchiye ograzhdayushchiye konstruksii grazhdanskikh zdaniy s effektivnymi uteplitelnyami [Energy-saving enclosing structures of civil buildings with effective heaters]. Moscow, 1999. (rus)
- [92]. Federalnyy zakon ot 23.11.2009 № 261 -FZ «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti, i o vnesenii izmeneniy v otdelnyye zakonodatelnyye akty Rossiyskoy Federatsii». M., 2009.
- [93]. Vatin N.I., Gorshkov A.S., Korniyenko S.V., Pestryakov I.I. Potrebitelskiye svoystva stenovykh izdeliy iz avtoklavnogo gazobetona [Consumer properties of wall products from autoclaved aerated concrete]. Construction of Unique Buildings and Structures. 2016. № 1. pp. 78–101. (rus)
- [94]. Korniyenko S. Evaluation of thermal performance of residential building envelope. Procedia Engineering. 2015. No. 117. pp. 191–196.
- [95]. Korniyenko S.V., Vatin N.I., Gorshkov A.S. Naturnyye teplofizicheskiye ispytaniya zhilykh zdaniy iz gazobetonnykh blokov [Full-scale thermal physical testing of residential buildings from aerated concrete blocks]. Magazine of Civil Engineering. No. 4 (64). 2016. pp.10–25. (rus)

*Тарабукина С.Ю., Симанкина Т.Л., Кирилкина А.А., Эффективность теплоблока в качестве наружной ограждающей конструкции, Строительство уникальных зданий и сооружений, 2017, №3 (54). С. 47-62.*

*Tarabukina S.Y., Simankina T.L., Kirilkina A.A. Thermal block efficiency as external walling. Construction of Unique Buildings and Structures. 2017. 3 (54). Pp. 47-62. (rus)*