

УДК 69

DOI: 10.15393/j2.art.2019.4542

*Статья*

## **Сравнение технологий устройства ограждающих конструкций стен из штучных материалов (на примере малоэтажного строительства в условиях Республики Карелия)**

**Александр А. Кузьменков<sup>1, \*</sup>, Анна А. Байкова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Петрозаводский государственный университет, Россия, 185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33; E-Mails: [kuzmenkov@petrsu.ru](mailto:kuzmenkov@petrsu.ru); [anuta230197@mail.ru](mailto:anuta230197@mail.ru)

\* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: [kuzmenkov@petrsu.ru](mailto:kuzmenkov@petrsu.ru);

*Получена: 09 апреля 2019 / Принята: 29 мая 2019 / Опубликована: 21 июня 2019*

---

**Аннотация:** В статье представлены результаты технико-экономического сравнения технологий возведения ограждающих конструкций стен из штучных материалов. Рассмотрены технологические решения для шести вариантов ограждающих конструкций стен, применяемых в условиях Республики Карелия. Для исследования выбраны конструкции стен из кирпича и блоков ручной кладки (газобетонных, полистеролбетонных, керамических (крупноформатных), арболитовых и теплоблоков). В результате сравнения по трём группам показателей выявлены наиболее эффективные варианты технологий устройства конструкций стены для малоэтажного строительства на северных территориях Республики Карелия.

**Ключевые слова:** технологии малоэтажного строительства, ограждающие конструкции стен, технико-экономическое сравнение.

---

DOI: 10.15393/j2.art.2019.4542

*Article*

## **Comparison of technologies for construction of enclosing wall structures made of piece materials (on the example of low-rise construction in the Republic of Karelia)**

Aleksandr A. Kuz'menkov<sup>1, \*</sup>, Anna A. Baikova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Petrozavodsk State University, Russia, 185910, Petrozavodsk, Lenin av., 33; E-Mails: kuzmenkov@petsu.ru; anuta230197@mail.ru

\* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: kuzmenkov@petsu.ru;

*Received: 09 April 2019 / Accepted: 29 May 2019 / Published: 21 June 2019*

---

**Abstract:** The article presents the results of the technical and economic comparison of technologies for the construction of enclosing wall structures made of piece materials. Technological solutions for six variants of wall envelopes used in the Republic of Karelia conditions are considered. For the study, wall constructions from brick and blocks of hand laying (aerated concrete, polisterolbetonny, ceramic (large format), arbolitovyh and heatblocks) are chosen. As a result of comparison of the three groups of indicators, the most effective variants of the technology for constructing wall structures for low-rise construction in the northern territories of the Republic of Karelia were identified.

**Keywords:** technology, enclosing wall constructions, technical and economic comparison

## 1. Введение

Малоэтажное жилищное строительство имеет ряд особенностей, как с точки зрения формирования регионального рынка Республики Карелии [3], [6], [11], [12], так и применяемых материалов, конструкций и строительных технологий. На протяжении достаточно длительного времени выбор материала для строительства из искусственного камня ограничивался кирпичом, но на современном этапе развития строительных технологий классическая кирпичная кладка, и как конструкция, и как технология, постепенно отходит на второй план. В качестве основных недостатков кирпичной кладки массивов стен из полнотелого кирпича можно выделить следующие: высокую трудоёмкость производства работ, низкие теплотехнические показатели и большой вес конструкции. Последний фактор влечёт за собой необходимость в применении соответствующих конструкций тяжёлых фундаментов. Все эти факторы существенно повышают показатели стоимости зданий в целом, которые являются ключевыми для малоэтажного жилищного строительства.

В качестве альтернативных стеновых материалов современный рынок предлагает различные лёгкие блоки ручной кладки, которые позволяют значительно сократить сроки возведения здания за счёт снижения трудоёмкости кладочных работ. Предлагаемые производителями малоформатные блоки отличаются материалом изготовления, размерами, свойствами, областью применения и ценой. Основным материалом для изготовления блоков являются различные лёгкие, ячеистые бетоны. Ячеистые бетоны имеют ряд преимуществ, к которым можно отнести более низкие, по сравнению с кирпичом, показатели теплопроводности, меньший вес, лёгкость обработки изделий, меньшие трудозатраты. Главным преимуществом этих материалов в современных условиях является их пористая структура, вследствие чего изделия в виде блоков могут использоваться в конструкциях стен не только в качестве конструктивных (несущих), но и в качестве теплоизолирующих слоёв.

Вопросы, касающиеся выбора материала для возведения стен, являются очень актуальными и важными, т. к. различные материалы имеют разные свойства, а также свои преимущества и недостатки. От правильного выбора материала, и как следствие, технологии возведения зависит и срок эксплуатации здания, и безопасность проживания в нём. Важно учесть сферу применения используемого для стен материала, т. к. одни материалы и изделия обладают хорошей несущей способностью, а другие — менее прочные, но имеют лучшую теплоизолирующую способность, однако их применение ограничено этажностью здания.

По результатам ранее выполненных исследований [4], [5], [7], [9], [14], [15], [16], [18] авторами был сделан вывод о необходимости более детального изучения отдельных групп технологий возведения ограждающих конструкций стен. Настоящее исследование содержит результаты параметрического сравнения технологий возведения ограждающих конструкций стен малоэтажных зданий из штучных материалов — кирпича и малоформатных блоков ручной кладки. Исследование выполнено для одноэтажного многоквартирного жилого здания, построенного в одном из районов Республики Карелия. В качестве вариантов рассмотрены следующие виды ограждающих конструкций наружных стен:

- кладка из газобетонных блоков с наружным утеплением;
- кладка из полистеролбетонных блоков с наружным утеплением;
- слоистая кладка из кирпича с внутренним теплоизоляционным слоем из заливного утеплителя;
- кладка из керамических блоков KERACAM;
- кладка из арболитовых блоков с наружным утеплением;
- кладка из теплоблоков.

## 2. Материалы и методы

В качестве объекта для исследования был принят одноэтажный жилой дом по ул. Мира в пос. Верхние Важины. Дом одноэтажный, 5-квартирный, с неотапливаемым чердаком, без подвала. Размеры в плане (в осях)  $35,96 \times 10,85$  м. Высота этажа 2,8 м, высота жилых помещений от пола до потолка 2,5 м. Планировка здания и площади квартир приняты в соответствии с рекомендуемыми площадями квартир согласно СП 54.13330.2010 «Здания и жилые многоквартирные» и методическими рекомендациями по установлению технических показателей жилья экономического класса. В доме предоставлен следующий набор помещений в каждой квартире: спальня, прихожая, кухонная зона, санузел, лоджия и тамбур. Здание оснащено инженерно-техническими системами водоотведения, холодного и горячего водоснабжения, электроснабжения от наружных сетей. Газоснабжение запроектировано от индивидуальных шкафных баллонных установок. Система вентиляции в здании предусмотрена естественная, приточно-вытяжная. Архитектурный облик фасадов представлен на рисунке 1.

Сравнение вариантов устройства конструкций наружных стен производилось по ряду расчётно-конструктивных, технологических и экономических показателей. Для каждого рассматриваемого варианта стены был выполнен подбор конструкции с расчётом несущей способности и теплотехнических показателей, разработана технологическая карта на процесс возведения и рассчитана стоимость строительно-монтажных работ. Подбор материалов для конструкций стен выполнялся с условием доступности их приобретения на территории Республики Карелия.

Теплотехнический расчёт выполнен в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003». Согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*» для рассматриваемого климатического района приняты следующие условия:

- расчётная температура наружного воздуха:
  - максимальная —  $+34$  °С;
  - минимальная —  $-40$  °С;
- наиболее холодных суток (с обеспеченностью 0,92) —  $-33$  °С;
- наиболее холодной пятидневки (с обеспеченностью 0,92) —  $-28$  °С;
- расчётная температура внутри здания —  $+20$  °С;
- средняя температура отопительного периода —  $-3,2$  °;

- продолжительность отопительного периода составляет 235 суток;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций: Б (II ветровой район, нормативное значение ветрового давления составляет  $w_0 = 0,3$  кПа).

На основании действующих теплотехнических норм определены следующие нормативные показатели: термическое сопротивление ограждающей конструкции  $R_{reg} = 3,500 \text{ м}^2 \cdot \text{С}^\circ / \text{Вт}$ ; коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции  $\alpha_{int} = 8,7$ ; коэффициент теплоотдачи наружной конструкции для зимних условий  $\alpha_{ext} = 23$ .

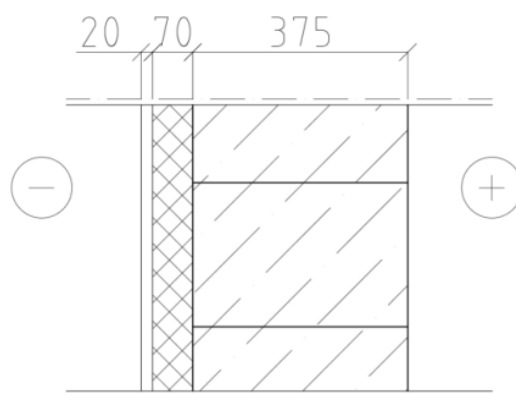


**Рисунок 1.** Фасады здания в осях А — Г, 8-1

При разработке технологических карт на процессы возведения стен использовались нормативные показатели трудоёмкости в соответствии с Едиными нормами и расценками на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы, а также технические условия и технологическая документация организаций — производителей строительных материалов и разработчиков технологических решений. Расчёт стоимости строительно-монтажных работ по устройству исследуемых вариантов конструкций стен выполнен ресурсным методом.

Первый вариант представлен конструкцией из газобетонных блоков с наружным теплоизолирующим слоем из минераловатных изделий и отделочным слоем из армированной декоративной штукатурки. Данный вариант является проектным решением, реализованным при строительстве выбранного для исследования объекта. В качестве несущего слоя конструкции в данном варианте используются блоки из автоклавного ячеистого бетона фирмы AEROC EcoTerm размерами  $375 \times 250 \times 625$  мм с классом прочности на сжатие В 2,5 и маркой по морозостойкости F 100. Эскиз стены представлен

на рисунке 2, параметры слоёв конструкции стены — в таблице 1. В качестве теплоизолирующего слоя принят эффективный утеплитель в виде минераловатных плит PAROC FAS4, толщина которого подобрана исходя из теплотехнического расчёта. При облицовке используется тонкослойная штукатурка фирмы Baumit. Расчётное сопротивление такой конструкции стены составляет  $3,995 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ .



**Рисунок 2.** Эскиз стены из газобетонных блоков с дополнительным утеплением из эффективного утеплителя

**Таблица 1.** Параметры слоёв конструкция стены из газобетонных блоков

Наименование слоя	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/м °С	$\delta$ , м
Газобетонные блоки AEROC D500 B2.5	500	0,147	0,375
Минплита PAROC FAS4	140	0,041	0,07
Тонкослойная штукатурка Baumit	1300	0,9	0,02

В летний период кладка ведётся на клеевой смеси «AEROC» со средней толщиной шва 2 мм (+/- 1 мм). В зимних условиях используется клей той же марки, но с другим составом, с толщиной слоя до 5 мм. Кладка из блоков однорядная (цепная). Для армирования кладки стен используется арматура класса А400 диаметром 8 мм. В верхней поверхности блока прорезаются штрабы, которые сначала заполняются клеевым раствором, после чего в них закладывается арматура. Армируется первый ряд блоков на фундаменте, ряд блоков под оконными проёмами и зоны опирания перемычек. В качестве перемычек используются U-образные термоблоки AEROC U 375. U-блок укладывают на заранее подготовленную горизонтальную поверхность в виде доски. Доска зафиксирована стойками для придания неподвижности, чтобы во время работ по укладке бетона перемычка не деформировалась. Блоки имеют U-образную полость по всей длине, в которую монтируется арматурный каркас, и она заполняется бетонной смесью. В зоне опирания балок перекрытия и опирания мауэрлата устраивается монолитный железобетонный пояс.

Крепление минераловатных плит выполняется при помощи клеевого состава. Для снижения деформаций плиты дополнительно фиксируются тарельчатыми дюбелями. Для устройства защитного слоя на поверхность утеплителя наносится клей, в слой которого втапливается арматурная сетка. После полного высыхания выполняется нанесение выравнивающего и декоративного слоёв штукатурки.

К достоинствам конструкции стены из газобетонных блоков можно отнести её экологичность, прочность и долговечность, высокие тепло- и звукоизоляционные качества, морозоустойчивость, огнеупорность, простоту обработки материала и монтажа блоков. Основными недостатками конструкции являются гигроскопичность газобетона (необходимость устройства наружной отделки сразу после устройства стен), подверженность деформациям (хрупкость) при неравномерных осадках оснований и фундаментов, необходимость использования специальных крепежей при закреплении на стенах навесных элементов. Также стоит отметить, что известь, содержащаяся в составе газобетонных блоков, по прошествии времени может отрицательно влиять на металлические элементы, находящиеся в теле конструкции.

Второй рассматриваемый вариант конструкции стены представлен полистиролбетонными блоками с наружным утеплением из плит полистиролбетона с наружным штукатурным слоем. Полистиролбетон является одним из видов лёгких бетонов, в состав которого входит цементно-песчаный раствор с воздухововлекающей добавкой и гранулами полистирола в качестве крупного заполнителя. В последнее время этот материал всё более популярен, т. к. изготовить его можно самостоятельно в построечных условиях. Рассматриваемый вариант стеновой конструкции представлен блоками размерами  $595 \times 375 \times 295$  мм, а также плитами размерами  $1200 \times 900 \times 100$  мм для дополнительного утепления. В качестве наружного слоя используется улучшенная штукатурка на цементной основе. Для обеспечения теплоизоляции конструкции кладка блоков должна быть очень качественной, ширина шва при этом составляет 5—8 мм. Для перекрытия проёмов используются армированные конструкции перемычек из полистиролбетона. В местах опирания элементов перекрытия и мауэрлата устраивается монолитный железобетонный пояс. Эскиз стены из полистиролбетона предоставлен на рисунке 3, параметры слоёв конструкции стены — в таблице 2. Расчётное сопротивление конструкции стены для данного варианта составляет  $4,049 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$ .

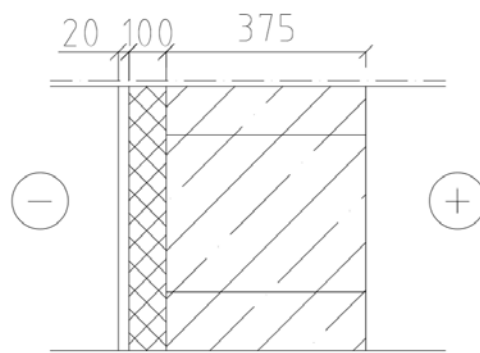
К достоинствам конструкции из полистиролбетонных блоков относят высокий уровень тепло и звукоизоляции, небольшую массу, простоту изготовления и обработки, экологичность. Однако отмечается и ряд недостатков:

— низкая плотность материала, которая приводит к высокой степени усадки зданий и необходимости обеспечить 28-суточный технологический перерыв перед началом отделочных работ. Особое внимание необходимо обращать на крепление конструкций к полистиролбетонным стенам с применением различных метизов;

— низкая адгезия полистиролбетонных шариков по отношению к бетону и наносимым на поверхность отделочным материалам;

— блоки нуждаются в дополнительном оштукатуривании с целью защиты материала от внешних воздействий;

— достаточно низкая степень огнестойкости. Пенополистирольные шарики под воздействием высокой температуры разрушаются, что приводит к снижению прочности и потере материалом стены теплоизолирующих свойств.



**Рисунок 3.** Эскиз стены из полистиролбетонных блоков с дополнительным утеплением из полистиролбетонных плит

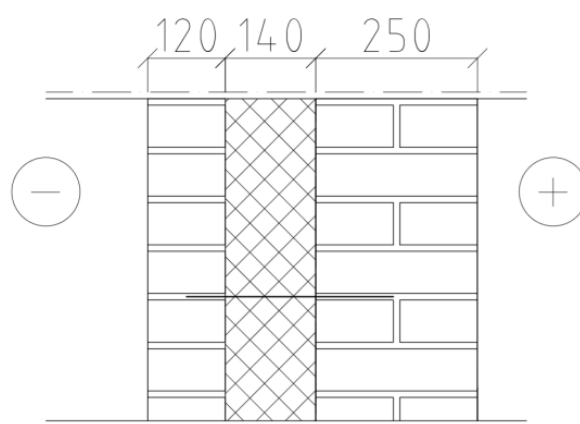
**Таблица 2.** Параметры слоёв конструкция стены из полистиролбетонных блоков

Наименование слоя	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/м °С	$\delta$ , м
Полистиролбетонные блоки D500	500	0,15	0,375
Полистиролбетонные плиты ПТ-2	200	0,055	0,1
Штукатурка КНАУФ-Унтерпутц	1100	0,9	0,2

Третий вариант конструкции стены представлен слоистой кладкой из кирпича — трёхслойной конструкцией с утеплителем в теле конструкции. Между несущей частью стены из кирпича толщиной 250 мм и внешней облицовочной верстой в пол кирпича создаётся прослойка из энергоэффективного утеплителя. В качестве материала несущего и облицовочного слоёв применена кирпичная кладка из керамического кирпича марки М 150 с размерами 65 × 120 × 250 мм на кладочном растворе марки М 75. Для соединения внутренней и наружной вёрст используются гибкие связи из арматурной сетки с размерами ячеей 50 × 50 мм из проволоки диаметром 4 мм. Армирование кладки выполняется через 4—6 рядов кирпича. В качестве теплоизолирующего слоя применён модифицированный пенопласт — пеноизол. Материал представляет собой вспененный пластик с ячеистой структурой, укладка которого в полость между кирпичными верстами выполняется заливным способом. При укладке данный материал занимает всё предоставленное ему пространство. Расчётное сопротивление такой конструкции стены составляет 3,471 м<sup>2</sup>•°С/Вт, которое находится на границе допустимого значения для рассматриваемых условий. Эскиз слоистой стены представлен на рисунке 4, параметры слоёв конструкции стены — в таблице 3.



К положительным качествам слоистых кирпичных стен относятся высокая прочность, сейсмоустойчивость, долговечность, минимально необходимая тепловая защита, а также презентабельный вид постройки. Среди недостатков кирпичной кладки в три слоя можно выделить достаточно сложную и трудоёмкую в изготовлении конструкцию, а также относительную недолговечность стены в части используемых теплоизоляционных материалов. Кирпичная кладка может выполнять свои функции в течение достаточно длительного периода времени. Однако материалы, применяемые для теплоизоляционного слоя, могут приходить в негодность после 25—30 лет эксплуатации в зависимости от климата и диапазона температур.



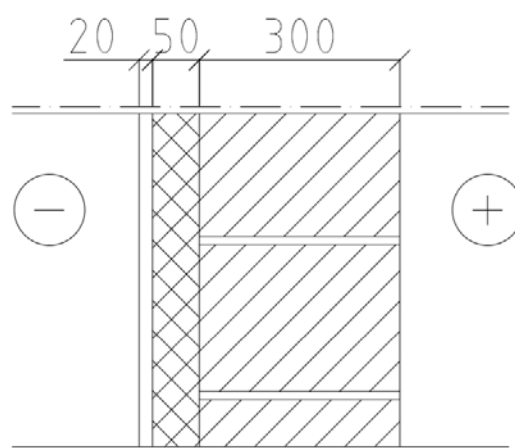
**Рисунок 4.** Эскиз слоистой стены из кирпича с дополнительным слоем утеплением из жидкого пеноизола

**Таблица 3.** Параметры слоёв конструкции слоистой стены из кирпича

Наименование слоя	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/м °С	$\delta$ , м
Кирпич керамический	1400	0,44	0,25
Пеноизол	20	0,035	0,14
Кирпич керамический	1400	0,44	0,12

Четвёртый рассматриваемый вариант конструкции реализован из керамических крупноформатных блоков. Данный материал представляет собой крупноформатные поризованные керамические блоки, которые обладают способностью сохранять тепло, создавая равномерный и естественный климат в доме. Летом стены препятствуют перегреву, а в холодные сезоны медленнее отдают тепло. Ложковые поверхности блока имеют специальную форму, образуя с одной стороны паз, а с другой — гребень, что даёт возможность не использовать кладочный раствор в вертикальных стыковых швах. Крупный формат блоков и отсутствие раствора в вертикальных стыках, позволяют снизить расход кладочного раствора в 3—4 раза. Блоки KERACAM 30 ST, 8,7 NF размером 255 × 300 × 219 мм приняты в соответствии с альбомом технических решений стен из керамических крупноформатных

поризованных камней. Кладка ведётся на специальной теплой кладочной смеси, которая исключает появление мостиков холода. Консистенция должна быть довольно вязкой, чтобы избежать проникновения раствора в отверстия блока. Армирование кладки производится сетками не менее чем через три ряда. Перемычки над оконными и дверными проёмами приняты сборные из керамобетона. Перемычки устанавливаются на предварительно смонтированные временные стойки, которые после набора прочности демонтируются. С наружной стороны стена из блоков утепляется минераловатными плитами PAROC FAS4 толщиной 50 мм. В качестве наружного отделочного слоя предусмотрена штукатурка КНАУФ-Унтерпутц толщиной 20 мм. Расчётное сопротивление такой конструкции стены составляет  $4,163 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Эскиз стены из керамических блоков изображён на рисунке 5, параметры слоёв конструкции стены представлены в таблице 4.



**Рисунок 5.** Эскиз стены из керамических блоков с дополнительным наружным утеплением

**Таблица 4.** Параметры слоёв конструкции стены из керамических блоков с дополнительным наружным утеплением

Наименование слоя	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/м °С	$\delta$ , м
Керамический блок KERACAM ST 30	650	0,093	0,3
Минплита PAROC FAS4	140	0,041	0,05
Штукатурка КНАУФ-Унтерпутц	1100	0,9	0,02

Из положительных качеств керамических блоков отмечают следующие:

- экологическая безопасность и отсутствие воздействий на живые организмы;
- достаточно низкая теплопроводность;
- возможность относительно быстрого строительства. Скорость возведения увеличивается за счёт размера блоков и их стыковки при помощи гребней и пазов на торцах;
- лёгкость материала, что позволяет использовать лёгкие конструкции фундамента;
- высокая паропроницаемость материала;

— хорошая звукоизолирующая способность.

К недостаткам данного материала можно отнести:

— относительно высокую цену стройматериала;

— неустойчивость перед динамическими нагрузками, особенно при воздействии на торцевые части;

— высокая хрупкость керамоблока,

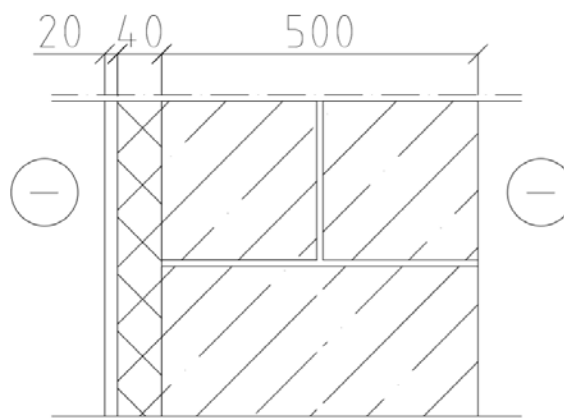
— при строительстве из керамоблоков необходима очень жёсткая технологическая дисциплина. Малейшие отклонения от технологии кладки могут привести к дефектам конструкции;

— за счёт пористой структуры в стене из керамоблоков не будут держаться обычные разжимные дюбеля;

— сложность в обработке: если есть необходимость разделить керамоблок на несколько частей, то придётся его резать отрезной машинкой. Расколоть его, как кирпич, не получится из-за его структуры.

Пятый рассматриваемый вариант конструкции представлен кладкой из арболитовых блоков с дополнительным наружным утеплением. Арболит — это разновидность лёгкого бетона, изготавливаемого из высокопрочного цемента, щепы, сульфата алюминия и воды. Щепа производится на специальных рубительных машинах, после чего обрабатывается минерализаторами для устранения сахара, который мешает сцеплению с другими компонентами. Данный материал применялся ещё в 70-е гг. XX в. Другие популярные названия арболита — цементно-древесный композит, опилкобетон, деревобетон, дюрисол, велокс. В исследовании рассмотрены блоки из арболита размером  $500 \times 250 \times 250$  мм, которые выпускаются ООО «Интеркам» в г. Петрозаводске. Проектные решения приняты на основании инструкции по применению арболитовых блоков. В качестве перемычек используются равнополочные стальные уголки  $75 \times 75 \times 7$  мм. Кладка осуществляется на тонкослойной клеевой смеси «Аерос» с перевязкой тычковым рядом через каждые три ряда ложковой кладки. Армируются первый ряд кладки, ряд над оконным проёмом и места опирания перемычек и конструкций перекрытия. В качестве теплоизоляционного материала используются минераловатные плиты PAROC FAS4. Отделка фасада осуществляется с использованием штукатурки КНАУФ-Унтерпутц. Расчётное сопротивление теплопередаче такой конструкции стены составляет  $4,502 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Эскиз стены из арболита изображён на рисунке 6, а параметры слоёв конструкции стены представлены в таблице 5.

К плюсам арболитовых блоков как строительного материала можно отнести повышенную прочность на изгиб, способность к поглощению звука, низкую теплопроводность, негорючесть (арболитовый блок не поддерживает горение), удобство обработки, пластичность, хорошую воздухопроницаемость, малый вес и относительно низкую себестоимость строительства. Однако материал обладает и рядом отрицательных качеств: нецелесообразность применения в помещениях с высоким уровнем влажности, необходимость дополнительной отделки и неидеальная геометрия блоков.



**Рисунок 6.** Эскиз стены из арболита с использованием эффективного утеплителя

**Таблица 5.** Параметры слоёв конструкции стены из арболита с использованием эффективного утеплителя

Наименование слоя	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/м °С	$\delta$ , м
Арболитовые блоки	600	0,17	0,5
Минплита PAROC FAS4	140	0,041	0,04
Штукатурка КНАУФ-Унтерпутц	1100	0,9	0,02

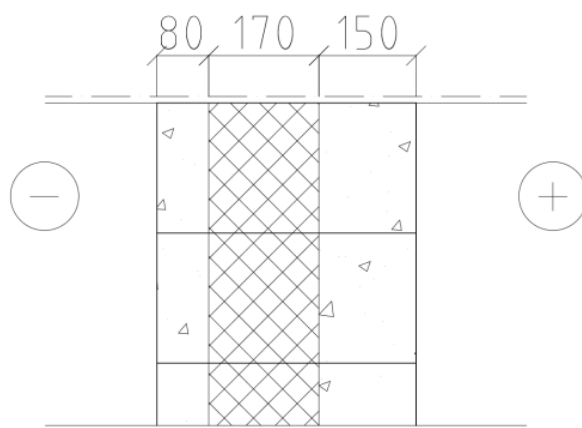
Шестой рассматриваемый вариант конструкции — стена из теплоблоков. Теплоэффективные блоки — это трёхслойное изделие, полученное путём объёмного вибропрессования, в состав которого входят следующие материалы: портландцемент, гравий, щебень, песок, вода, добавки пластифицирующие. Размеры блоков 400 × 400 × 200 мм. Наружные внутренние блоки выполняются из поризованного бетона. Утепление производится с использованием термовкладыша из пенополистерола. Все слои соединены между собой при помощи стеклопластиковой арматуры. Кладка выполняется на цементно-песчаном растворе марки М 75 толщиной шва не более 10 мм с цепной перевязкой швов. Очень важно правильное распределение кладочного раствора по горизонтальной и вертикальной поверхностям блока. Нанесение раствора производится только по несущей и облицовочной частям блока, а оставшийся промежуток (утеплитель) оставляют без раствора. На вертикальные поверхности раствор наносится аналогично горизонтальным, но промежутки, где расположен утеплитель, заполняются монтажной пеной. Для гарантии надёжной работы стен под плитами перекрытия выполнены армированные монолитные пояса. Армирование кладки осуществляется при помощи армирующих сеток. Армируется первый ряд и каждый 4-й ряд. В качестве перемычек используются металлические уголки. Расчётное сопротивление конструкции стены составляет 4,075 (м<sup>2</sup>•°С)/Вт. Эскиз стены из теплоэффективных блоков предоставлен на рисунке 7, параметры слоёв конструкции стены — в таблице 6.

К положительным качествам теплоблоков относятся:

- экологическая чистота;
- защита от образования плесени и грибка;
- хорошие теплоизолирующие свойства;
- хорошая морозостойкость;
- высокая прочность на сжатие;
- минимальная усадка;
- разнообразие конфигураций и размеров;
- небольшие сроки строительства;
- хорошая звукоизоляция;
- небольшая возможность возгорания.

Отрицательными качествами теплоэффективных трёхслойных блоков являются следующие:

- низкая паропроницаемость;
- при укладке теплоблоков следует это делать максимально плотно, чтобы между ними не образовывались зазоры;
- неровные края и неправильная геометрия теплоблоков.



**Рисунок 7.** Эскиз стены из теплоэффективных трёхслойных блоков

**Таблица 6.** Параметры слоёв конструкции стены из теплоблоков

Наименование слоя	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/м °С	$\delta$ , м
Поризованный керамзитобетон, В10, М150	1400	0,17	0,15
Пенополистерол М25	18	0,05	0,17
Керамзитобетон, В15, М200	1800	0,92	0,08

### 3. Результаты

Технико-экономическое сравнение вариантов исследования производилось на основании рассчитанных технических, технологических и экономических показателей. Сравнение технико-экономических показателей вариантов ограждающих конструкций стен представлено в сводной таблице 7.

**Таблица 7.** Сравнение технико-экономических показателей

Показатели	Газобетонные блоки	Полистирол-бетонные блоки	Керамические блоки	Арболитовые блоки	Теплоблоки
Технические показатели					
Толщина стены, м	0,465	0,495	0,370	<b>0,560</b>	0,4
Сопrotивление теплопередаче, (м <sup>2</sup> •°C)/Вт	<b>3,995</b>	4,080	4,163	4,502	4,075
Масса 1 м <sup>3</sup> , кг	<b>498,1</b>	502	696	668	<b>775</b>
Несущая способность F, кН	268,6	<b>252,045</b>	320,44	429	401,66
Местный производитель	—	+	—	+	—
Технологические показатели					
Рассматриваемый объём работ, м <sup>3</sup>	169,07	169,07	143,78	199,95	167,41
Проектная трудоёмкость на весь объём работ, чел.-ч	1120,86	1166,5	1023,787	<b>1193,02</b>	<b>720,071</b>
Затраты машинного времени, маш./ч	24,18	24,265	25,62	<b>28,345</b>	<b>18</b>
Общая продолжительность работ, ч	208	208	184	<b>232</b>	<b>120</b>
Проектная трудоёмкость на измеритель конечной продукции, чел.-ч / м <sup>3</sup>	6,63	6,9	<b>7,12</b>	5,96	<b>4,3</b>
Часовая выработка, м <sup>3</sup> /ч	0,81	0,81	<b>0,78</b>	0,86	<b>1,4</b>
Проектная выработка на одного рабочего в час, чел.-ч	0,15	0,14	0,14	0,17	<b>0,23</b>
Экономические показатели					
Себестоимость, руб.	1490664,11	1551327,87	1735631,965	<b>1737702,6</b>	<b>1424806,11</b>
Основная заработная плата рабочих-строителей, руб.	243438,96	244347,09	290783,5	<b>324529,29</b>	<b>99035,16</b>

Эксплуатация машин и механизмов	30464,41	30393,49	32093,63	<del>38852,53</del>	<b>10427,22</b>
В т. ч. заработная плата машинистов	16725,58	16458,71	17019,19	<del>18754,52</del>	<b>3659,45</b>
Материалы	<b>904573,26</b>	963620,31	1045791,60	962380,26	<del>1192110,17</del>
Прямые затраты	1178466,64	1238360,91	1368668,737	1325762	1301572,56
Накладные расходы	312197,46	312966,96	366963,228	411940,58	123233,54
Сметная прибыль, руб.	169106,96	169523,774	198771,75	223134,48	66751,50
Сметная стоимость, руб.	1659771,07	1720851,65	1934403,714	1960837,1	1491557,61
НДС (18 %)	298758,79	309753,297	348192,668	352950,68	268480,36
Итого с НДС, руб.	1958529,86	2030604,95	2282596,382	<del>2313787,8</del>	<b>1760037,98</b>
Сметная стоимость 1 м <sup>2</sup> (площади здания), руб.	6485,2	6723,86	7558,26	<del>7667,55</del>	<b>5827,94</b>
Сметная стоимость 1 м <sup>3</sup> (стен), руб.	11584,13	12010,44	<del>15876,45</del>	11571,83	10513,34

Исходя из предварительного анализа, наиболее неэффективным вариантом был признан вариант слоистых кирпичных стен. Данный вариант характеризуется большой массой на 1 м<sup>3</sup> (1400 кг) и очень высокой несущей способностью — 500 кН, которая нецелесообразна для одноэтажного здания. Также процесс кирпичной кладки является очень трудозатратным. Исходя из теплотехнических характеристик, керамический кирпич расположился на последнем месте из всех рассматриваемых вариантов. Другие варианты стен требуют утепления, но в меньшем объёме. Исходя из вышеизложенного, вариант возведения ограждающих конструкций стен из керамического кирпича не рассматривался в дальнейшем исследовании.

#### 4. Обсуждение и заключение

Из пяти оставшихся вариантов, представленных в таблице 7, самым невыгодным вариантом по экономическим соображениям являются стены из арболитовых блоков. Сметная стоимость кладки из арболитовых блоков объёмом 199,95 м<sup>3</sup> с учётом НДС составила 2313787,8 руб., что на 1 м<sup>2</sup> площади здания составляет 7667,55 руб. Это вариант характеризуется большой толщиной конструкции стены (560 мм), а также высокой проектной трудоёмкостью (1250,12 чел.-ч/м<sup>3</sup>) и высокими показателями затрат машинного времени (28,35 маш.-ч). К положительным сторонам данного варианта можно отнести высокую несущую способность (429 кН), высокие теплотехнические показатели (4,502 м<sup>2</sup>•°C/Вт) и возможность приобрести данный материал на территории Республики Карелия у местного производителя. Важным преимуществом блоков из арболита является

и экологичность, материал безвреден для здоровья, данные изделия создаются на органических наполнителях и отходах деревообработки и сельского хозяйства.

Достаточно дорогим является вариант возведения стен из керамических блоков. Затраты на возведение  $143,78 \text{ м}^3$  кладки стен составляют 2282596,38 руб. Высокая стоимость данного варианта обусловлена дорогим материалом стен — материальные затраты составляют 1045791,60 руб. При этом на возведение требуются меньшие трудозатраты по сравнению со своими конкурентами, а именно 1024,59 чел.-ч. К положительным сторонам данного варианта можно отнести меньшую толщину (370 мм) и высокий показатель сопротивлению теплопередачи ( $4,163 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ).

При анализе таблицы 7 можно выявить несомненного лидера, а именно вариант возведения ограждающих конструкций стен из теплоблоков. Данный вариант конструкции стены обладает следующими техническими параметрами: толщина 400 мм, несущая способность 401,66 кН, сопротивление теплопередаче 4,075 ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ) и масса  $1 \text{ м}^3$  775 кг. Проектная трудоёмкость на возведение составила 720,07 чел.-ч, общая продолжительность работ 120 ч (или 15 дней), а часовая выработка  $1,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Сметная стоимость с учётом НДС на возведение  $167,41 \text{ м}^3$  стен определена в сумме 1760037,98 руб., что является самым экономически выгодным вариантом. Сметная стоимость  $1 \text{ м}^2$  площади здания, реализованного в данном варианте, определена в размере 5827,94 руб. Однако стоит заметить, что затраты на материалы составили 1192110,17 руб., что говорит о достаточно высокой стоимости самих блоков. Важным аспектом является то, что на устройство данной стены требуются минимальные трудозатраты и, соответственно, меньшие затраты на оплату труда рабочих. Также минимальными являются затраты на эксплуатацию машин и механизмов. В данном случае меньшие затраты на оплату труда и эксплуатацию машин и механизмов компенсируют затраты на материалы, получая при этом минимальную сметную стоимость. К одним из самых главных преимуществ данного варианта стоит отнести то, что отсутствует необходимость нести затраты на работы по утеплению и отделке, а также то, что материал можно приобрести у местного производителя. Однако у данного варианта конструкции стен есть и ряд недостатков:

- высокая цена материала;
- большая масса  $1 \text{ м}^3$  блоков требует соответствующих конструкций фундамента, во избежание неравномерных осадок, которые, в свою очередь, могут привести к нарушению целостности кладки;
- особое внимание необходимо уделять геометрии блоков и качеству кладки, т. к. дополнительной отделки данный вариант не предусматривает.

Нельзя оставить без внимания такие варианты, как кладка из газобетонных и полистиролбетонных блоков. Возведение стен из газобетонных блоков очень актуально на сегодняшний день и массово используется на территории Республики Карелия. Полистиролбетонные блоки в меньшей степени представлены на региональном строительном рынке. При средней толщине 465 мм газобетонный блок обладает самой меньшей массой  $1 \text{ м}^3$ , равной 1498 кг, что позволяет отчасти сэкономить на конструкциях



фундамента. Однако не стоит забывать о неравномерных осадках, которые могут вызвать трещины в кладке в силу хрупкости газобетона. По показателю сопротивления теплопередаче  $[3,995 (m^2 \cdot ^\circ C) / Wt]$  данный вариант занимает последнее место среди рассматриваемых. Показатели машиноёмкости и трудоёмкости по результатам сравнения у данных вариантов средние. По экономическим показателям газобетон занимает второе место, при этом затраты на материалы минимальны, по сравнению с другими вариантами, и составляют 904573,26 руб. Общая стоимость работ по возведению стен из полистиролбетона составила 2030604,95 руб., что на 72075,09 руб. дороже строительства из газобетона.

Таким образом, можно сделать вывод, что проектное конструктивное решение (стена из газобетона) является целесообразным, т. к. данный вариант обладает средними расчётными, технологическими и экономическими показателями. При этом из рассмотренных в сравнении вариантов можно выделить тот, который позволяет осуществить возведение ограждающих конструкций стен более быстро по времени и с меньшими затратами. Таковым является вариант возведения конструкций стен с применением теплоэффективных трёхслойных блоков. Данный материал стен менее известен на строительном рынке в силу своей «молодости», в отличие от газобетона, но имеет определённые положительные перспективы использования в условиях Республики Карелия.

## Список литературы

1. 5-квартирный жилой дом по ул. Мира в пос. Верхние Важины Святозерского сельского поселения Пряжинского национального муниципального района Республики Карелия : проектная документация / ООО ПМ «Рекон». — [Самара], 2015. — Разд. 4 : Конструктивные и объёмно-планировочные решения : КР15/443-1-КР. — 11 с.
2. 5-квартирный жилой дом по ул. Мира в плс. Верхние Важины Святозерского сльского поселения Пряжинского национального муниципального района Республики Карелия : проектная документация / ООО ПМ «Рекон». — [Самара], 2015. — Разд. 3 : Архитектурные решения : КР15/443-1-АР. — 13 с.
3. *Александрова, Т. О.* Исследование предложения строительных компаний на рынке малоэтажного строительства Республики Карелия / Т. О. Александрова, Е. Г. Емельянова, А. А. Кузьменков // *Материалы научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции»* (18 апреля 2014 г.). — Петрозаводск : Петропресс, 2014. — С. 81—87.
4. *Девятникова, Л. А.* К вопросу о выборе наружных стен индивидуальных жилых домов / Л. А. Девятникова, А. А. Симонова // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии : сборник статей научно-практической конференции* (23—27 июня 2014 г.). — Петрозаводск : Петропресс, 2015. — Ч. 2. — С. 17—24.
5. Исследование технико-экономических параметров при выборе технологий возведения ограждающих конструкций индивидуальных жилых домов / Л. А. Девятникова, Е. Г. Емельянова, А. А. Кузьменков, А. А. Симонова // *Учёные записки Петрозаводского государственного университета.* — 2015. — № 4 (149). — С. 82—89.

6. *Емельянова, Е. Г.* Малоэтажное домостроение в решении жилищной проблемы в Республике Карелия / Е. Г. Емельянова, А. А. Кузьменков // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии : сборник статей научно-практической конференции (23—29 июня 2013 г.)*. — Петрозаводск : Петропресс, 2013. — С. 19—25.
7. *Емельянова, Е. Г.* Экономическое сравнение вариантов ограждающих конструкций при возведении малоэтажных жилых домов / Е. Г. Емельянова, А. А. Симонова // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии : сборник статей научно-практической конференции (23—27 июня 2014 г.)*. — Петрозаводск : Петропресс, 2015. — С. 15—21.
8. *Зайцева, М. И.* О комплексном подходе при строительстве зданий с пониженным потреблением энергии на отопление / М. И. Зайцева, С. Н. Кошелев, А. А. Кузьменков // *Resources and Technology*. — 2016. — № 13 (3). — С. 42—48.
9. *Кузьменков, А. А.* Сравнение вариантов ограждающих конструкций при возведении малоэтажных жилых домов по технологическим показателям / А. А. Кузьменков, А. А. Симонова // *Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции : сборник статей научно-практической конференции (27 мая 2016 г.)* — Петрозаводск : Петропресс, 2016. — С. 50—58.
10. *Кузьменков, А. А.* Сравнение технологий устройства фасадных систем многоэтажных жилых зданий для условий Республики Карелия / А. А. Кузьменков, А. С. Беляева // *Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции : сборник статей научно-практической конференции (23 ноября 2018 г.)*. — Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2018. — С. 26—35.
11. *Кузьменков, А. А.* Жилищное строительство в Республике Карелия / А. А. Кузьменков, Е. Г. Емельянова // *Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции : материалы научно-практической конференции (17 апреля 2013 г.)*. — Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2013. — С. 107—115.
12. *Кузьменков, А. А.* Тенденции развития жилищного строительства в Республике Карелия / А. А. Кузьменков, Е. Г. Емельянова // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 8-1. — С. 154—158.
13. *Кузьменков, А. А.* Сравнение вариантов ограждающих конструкций стен при строительстве детских дошкольных образовательных учреждений / А. А. Кузьменков, Ю. Н. Кравченя // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии : сборник статей научно-практической конференции (23—27 июня 2014 г.)*. — Петрозаводск : Петропресс, 2015. — Ч. 2. — С. 54—62.
14. *Кузьменков, А. А.* Техничко-экономическая оценка ограждающих конструкций стен малоэтажных жилых зданий / А. А. Кузьменков, Л. А. Девятникова // *Наука и образование в Арктическом регионе : материалы международной научно-практической конференции, Мурманск, 4—8 апреля 2016 г.* — Мурманск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2016. — Т. 2. — С. 100—107.
15. *Кузьменков, А. А.* Техничко-экономические показатели эффективности применения ограждающих конструкций стен из легкобетонных блоков в малоэтажном строительстве / А. А. Кузьменков // *Наука и образование в Арктическом регионе : материалы международной научно-практической конференции, Мурманск, 4—8 апреля 2016 г.* — Мурманск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2016. — Т. 2. — С. 93—99.
16. *Кузьменков, А. А.* Техничко-экономическое сравнение вариантов конструкций стен малоэтажных жилых зданий для северных условий Республики Карелия / А. А. Кузьменков, С. А. Титова // *Resources and Technology*. — 2016. — № 13 (4). — С. 57—70.

17. Кузьменков, А. А. Техничко-экономическое сравнение технологий возведения конструкций стен социальных объектов для условий Республики Карелия / А. А. Кузьменков, С. А. Титова // Resources and Technology. — 2017. — № 14 (3). — С. 13—31.
18. Симонова, А. А. Экономическое сравнение вариантов ограждающих конструкций при возведении малоэтажных жилых домов / А. А. Симонова, Е. Г. Емельянова // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии : сборник статей научно-практической конференции (23—27 июня 2014 г.). — Петрозаводск : Петропресс, 2015. — С. 15—21.
19. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России / под ред. А. Н. Асаула. — Санкт-Петербург : Гуманистика, 2005. — 563 с.
20. Титова, С. А. Анализ энергоэффективности некоторых стеновых конструкций по их теплотехническим характеристикам / С. А. Титова, Н. В. Глущенко // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции : материалы научно-практической конференции (18 апреля 2014 г.). — Петрозаводск : Петропресс, 2014. — С. 101—106.

## References

1. 5-kvartirny`j zhiloy dom po ul. Mira v pos. Verxnie Vazhiny` Svyatozerskogo sel`skogo poseleniya Pryazhinskogo nacional`nogo municipal`nogo rajona Respubliki Kareliya : proektnaya dokumentaciya / ООО ПМ «Rekon». — [Samara], 2015. — Razd. 4 : Konstruktivny`e i ob`yomno-planirovochny`e resheniya : KR15/443-1-KR. — 11 s.
2. 5-kvartirny`j zhiloy dom po ul. Mira v pls. Verxnie Vazhiny` Svyatozerskogo sl`skogo poseleniya Pryazhinskogo nacional`nogo municipal`nogo rajona Respubliki Kareliya : proektnaya dokumentaciya / ООО ПМ «Rekon». — [Samara], 2015. — Razd. 3 : Arxitekturny`e resheniya : KR15/443-1-AR. — 13 s.
3. Aleksandrova, T. O. Issledovanie predlozheniya stroitel`ny`x kompanij na ry`nke maloe`tazhnogo stroitel`stva Respubliki Kareliya / T. O. Aleksandrova, E. G. Emel`yanova, A. A. Kuz`menkov // Materialy` nauchno-prakticheskoy konferencii «Resursosberegayushhie tehnologii, materialy` i konstrukcii» (18 aprelya 2014 g.). — Petrozavodsk : Petropress, 2014. — S. 81—87.
4. Devyatnikova, L. A. K voprosu o vy`bore naruzhny`x sten individual`ny`x zhily`x domov / L. A. Devyatnikova, A. A. Simonova // Derevyannoe maloe`tazhnoe domostroenie: e`konomika, arxitektura i resursosberegayushhie tehnologii : sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23—27 iyunya 2014 g.). — Petrozavodsk : Petropress, 2015. — Ch. 2. — S. 17—24.
5. Issledovanie texniko-e`konomicheskix parametrov pri vy`bore texnologij vozvedeniya ograzhdayushhix konstrukcij individual`ny`x zhily`x domov / L. A. Devyatnikova, E. G. Emel`yanova, A. A. Kuz`menkov, A. A. Simonova // Uchyony`e zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. — 2015. — № 4 (149). — S. 82—89.
6. Emel`yanova, E. G. Maloe`tazhnoe domostroenie v reshenii zhilishhnoj problemy` v Respublike Kareliya / E. G. Emel`yanova, A. A. Kuz`menkov // Derevyannoe maloe`tazhnoe domostroenie: e`konomika, arxitektura i resursosberegayushhie tehnologii : sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23—29 iyunya 2013 g.). — Petrozavodsk : Petropress, 2013. — S. 19—25.

7. *Emel`yanova, E. G.* E`konomicheskoe sravnenie variantov ograzhdayushhix konstrukcij pri vozvedenii maloe`tazhny`x zhily`x domov / E. G. Emel`yanova, A. A. Simonova // Derevyannoe maloe`tazhnoe domostroenie: e`konomika, arhitektura i resursosberegayushhie texnologii : sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23—27 iyunya 2014 g.). — Petrozavodsk : Petropress, 2015. — S. 15—21.
8. *Zajceva, M. I.* O kompleksnom podxode pri stroitel`stve zdaniy s ponizhenny`m potrebleniem e`nergii na otoplenie / M. I. Zajceva, S. N. Koshelev, A. A. Kuz`menkov // Resources and Technology. — 2016. — № 13 (3). — S. 42—48.
9. *Kuz`menkov, A. A.* Sravnenie variantov ograzhdayushhix konstrukcij pri vozvedenii maloe`tazhny`x zhily`x domov po texnologicheskim pokazatelyam / A. A. Kuz`menkov, A. A. Simonova // Resursosberegayushhie texnologii, materialy` i konstrukcii : sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (27 maya 2016 g.) — Petrozavodsk : Petropress, 2016. — S. 50—58.
10. *Kuz`menkov, A. A.* Sravnenie texnologij ustrojstva fasadny`x sistem mnogoe`tazhny`x zhily`x zdaniy dlya uslovij Respubliki Kareliya / A. A. Kuz`menkov, A. S. Belyaeva // Resursosberegayushhie texnologii, materialy` i konstrukcii : sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23 noyabrya 2018 g.). — Petrozavodsk : Izd-vo PetrGU, 2018. — S. 26—35.
11. *Kuz`menkov, A. A.* Zhilishhnoe stroitel`stvo v Respublike Kareliya / A. A. Kuz`menkov, E. G. Emel`yanova // Resursosberegayushhie texnologii, materialy` i konstrukcii : materialy` nauchno-prakticheskoy konferencii (17 aprelya 2013 g.). — Petrozavodsk : Izd-vo PetrGU, 2013. — S. 107—115.
12. *Kuz`menkov, A. A.* Tendencii razvitiya zhilishhnogo stroitel`stva v Respublike Kareliya / A. A. Kuz`menkov, E. G. Emel`yanova // Fundamental`ny`e issledovaniya. — 2013. — № 8-1. — S. 154—158.
13. *Kuz`menkov, A. A.* Sravnenie variantov ograzhdayushhix konstrukcij sten pri stroitel`stve detskix doskol`ny`x obrazovatel`ny`x uchrezhdenij / A. A. Kuz`menkov, Yu. N. Kravchenya // Derevyannoe maloe`tazhnoe domostroenie: e`konomika, arhitektura i resursosberegayushhie texnologii : sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23—27 iyunya 2014 g.). — Petrozavodsk : Petropress, 2015. — Ch. 2. — S. 54—62.
14. *Kuz`menkov, A. A.* Texniko-e`konomicheskaya ocenka ograzhdayushhix konstrukcij sten maloe`tazhny`x zhily`x zdaniy / A. A. Kuz`menkov, L. A. Devyatnikova // Nauka i obrazovanie v Arkticheskom regione : materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Murmansk, 4—8 aprelya 2016 g. — Murmansk : FGBOU VPO «MGTU», 2016. — T. 2. — S. 100—107.
15. *Kuz`menkov, A. A.* Texniko-e`konomicheskie pokazateli e`ffektivnosti primeneniya ograzhdayushhix konstrukcij sten iz legkobetonny`x blokov v maloe`tazhnom stroitel`stve / A. A. Kuz`menkov // Nauka i obrazovanie v Arkticheskom regione : materialy` mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Murmansk, 4—8 aprelya 2016 g. — Murmansk : FGBOU VPO «MGTU», 2016. — T. 2. — S. 93—99.

16. *Kuz`menkov, A. A.* Texniko-e`konomicheskoe sravnenie variantov konstrukcij sten maloe`tazhny`x zhily`x zdaniy dlya severny`x uslovij Respubliki Kareliya / A. A. Kuz`menkov, S. A. Titova // Resources and Technology. — 2016. — № 13 (4). — S. 57—70.
17. *Kuz`menkov, A. A.* Texniko-e`konomicheskoe sravnenie texnologij vozvedeniya konstrukcij sten social`ny`x ob`ektov dlya uslovij Respubliki Kareliya / A. A. Kuz`menkov, S. A. Titova // Resources and Technology. — 2017. — № 14 (3). — S. 13—31.
18. *Simonova, A. A.* E`konomicheskoe sravnenie variantov ograzhdayushhix konstrukcij pri vozvedenii maloe`tazhny`x zhily`x domov / A. A. Simonova, E. G. Emel`yanova // Derevyannoe maloe`tazhnoe domostroenie: e`konomika, arxitektura i resursosberegayushhie texnologii : sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23—27 iyunya 2014 g.). — Petrozavodsk : Petropress, 2015. — S. 15—21.
19. Teoriya i praktika maloe`tazhnogo zhilishhnogo stroitel`stva v Rossii / pod red. A. N. Asaula. — Sankt-Peterburg : Gumanistika, 2005. — 563 s.
20. *Titova, S. A.* Analiz e`nergoe`ffektivnosti nekotory`x stenovy`x konstrukcij po ix teplotexnicheskim xarakteristikam / S. A. Titova, N. V. Glushhenko // Resursosberegayushhie texnologii, materialy` i konstrukcii : materialy` nauchno-prakticheskoy konferencii (18 aprelya 2014 g.). — Petrozavodsk : Petropress, 2014. — S. 101—106.