

УДК 69

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3481

Статья

Технико-экономическое сравнение вариантов конструкций стен малоэтажных жилых зданий для северных условий Республики Карелия

Александр А. Кузьменков ^{1,*}, Светлана А. Титова ¹

¹ Петрозаводский государственный университет, 185910, Россия, г. Петрозаводск, пр. Ленина, д. 33; E-Mails: kuzmenkov@petsu.ru (К. А. А.); s-28@mail.ru (Т. С. А.)

* Автор, с которым следует вести переписку; E-Mail: kuzmenkov@petsu.ru (К. А. А.);

Получена: 15 Октября 2016 / Принята: 28 Октября 2016 / Опубликовано: 15 Ноября 2016

Аннотация: В статье описываются результаты технико-экономического сравнения ограждающих конструкций стен малоэтажных жилых домов и технологий их изготовления применительно к северным условиям Республики Карелия. Особое внимание уделяется конструкциям и технологиям с применением в качестве основного материала древесины и древесно-композитных материалов. Для исследования выбраны каркасные стены, изготавливаемые по различным технологиям возведения, и стены из блоков с применением древесно-композитного материала. В результате сравнения по технологическим и экономическим показателям выявлены наиболее эффективные варианты конструкции стены для малоэтажного жилого дома для северных условий Республики Карелия

Ключевые слова: энергоэффективность и ресурсосбережение, малоэтажное деревянное строительство, ограждающие конструкции стен, технико-экономическое сравнение

DOI: 10.15393/j2.art.2016.3481

Article

Technical and economic comparison of wall construction variants of low-rise residential buildings for northern Karelia conditions

Aleksandr A. Kuz'menkov^{1,*}, **Svetlana A. Titova**¹

¹ Petrozavodsk State University, 185910, Lenin av. 33, Petrozavodsk, Russia; E-Mails: kuzmenkov@petsu.ru (K. A. A.); s-28@mail.ru (T. S. A.)

* Author to whom correspondence should be addressed; E-Mail: kuzmenkov@petsu.ru (K. A. A.);

Received: 15 October 2016 / Accepted: 28 October 2016 / Published: 15 November 2016

Abstract: The article describes the results of a feasibility comparison of enclosing structures for free-standing residential buildings and technologies of their production in the northern conditions of the Republic of Karelia. Particular attention is paid to the wall constructions and technologies, which are using wood and wood-composite materials as the main material. For the research were chosen frame walls which are produced by various construction technologies, and the walls made of the blocks with the use of wood-composite material. According to the comparison results, the most practical variants of the wall construction for free-standing residential buildings in the northern conditions of the Republic of Karelia were identified.

Keywords: energy saving and resource conservation, low-rise wooden construction, wall enclosure structures, engineering and economical comparison

1. Введение

Малоэтажное строительство, очень популярное в Европе, США и Канаде, в последние несколько лет находит широкое применение как на территории Российской Федерации в целом, так и в Республике Карелия в частности. Как отмечалось в исследованиях [1, 2, 3, 4, 5] малоэтажное жилищное строительство имеет достаточный потенциал для улучшения жилищных условий граждан.

Стремление к снижению энергопотребления в индивидуальных жилых домах требует новых подходов, как к проектным решениям, так к технологиям строительства и производства строительных конструкций. Архитектурно-строительные решения малоэтажных домов должны быть эффективными, как в отношении теплозащитных свойств конструкций, так и в отношении расхода основных строительных материалов, а также должны способствовать уменьшению трудовых затрат [6].

Исследование на примере комплекса малоэтажных индивидуальных жилых домов проводилось с целью выявления оптимального варианта проектирования и устройства несущей ограждающей конструкции стены по теплотехническим, экономическим и организационно-технологическим показателям. В работе также учтены основные принципы концепции энергоэффективного дома – выбрана простая, компактная форма здания и кровли, а также предусмотрена усиленная теплоизоляция для повышения энергоэффективности ограждающих конструкций [7, 8, 9].

На современном строительном рынке представлено достаточно большое количество технологий малоэтажного домостроения [10, 11]. Ориентируясь на исследование и сравнение различных вариантов стен [12, 13, 14, 15, 16], выбраны три технологии возведения стеновых конструкций:

- каркасная технология (сборная конструкция построечного изготовления) с использованием напыляемого целлюлозного утеплителя «эковата»;
- блочная технология (сборная конструкция), в качестве основного элемента конструкции стены в которой, представлен мелкогабаритный арболитовый (древесно-композитный) блок;
- панельно-каркасная технология (панельные конструкции заводского изготовления), в которой основным элементом конструкции стены является структурно-изолированная SIP-панель.

2. Материалы и методы

В качестве объекта исследования принят индивидуальный одноэтажный жилой дом с мансардным этажом без подвала. В объемно-планировочных решениях соблюдены такие принципы энергоэффективного дома как простая компактная форма здания с наименьшей площадью ограждающих конструкций (в рассматриваемом случае выбрана квадратная форма) и правильная ориентация здания по сторонам света. Архитектурно-планировочное решение предполагает минимально необходимые помещения, состав и площади которых

соответствуют нормам СП 55.13330.2011 Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001. Архитектурный облик фасадов представлен на рисунке 1.

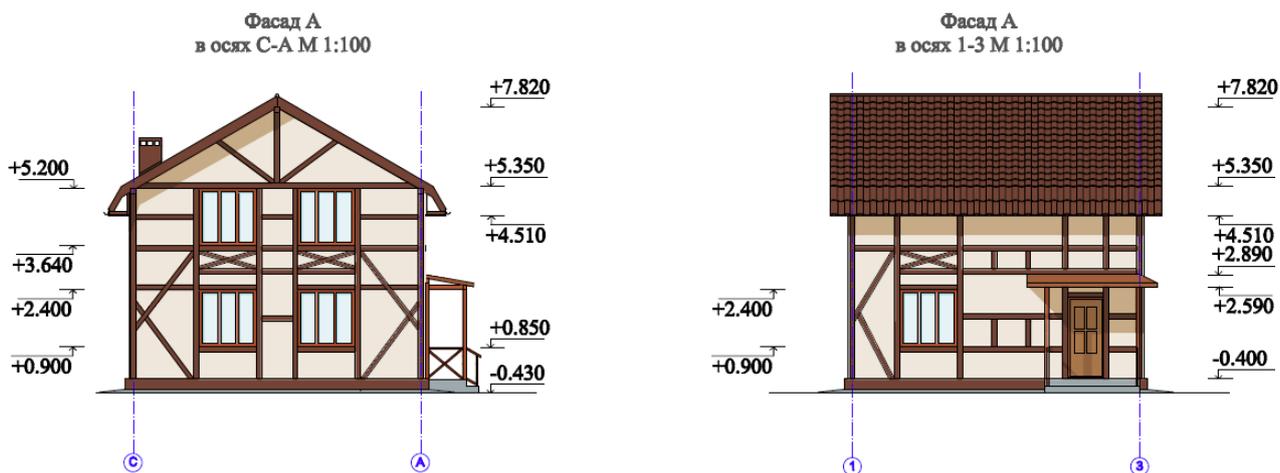


Рисунок 1. Фасады в осях С-А, 1-3

Сравнение различных конструкций наружных стен производилось по теплозащитным свойствам конструкции, а также по ряду технологических и экономических показателей. Для каждого рассматриваемого варианты стены был выполнен подбор конструкции с теплотехническим расчетом, разработана технологическая карта на процесс возведения и рассчитана стоимость строительно-монтажных работ.

Теплотехнический расчет 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:

- расчетная температура наружного воздуха:
 - максимальная – $+34^{\circ}\text{C}$;
 - минимальная – -40°C ;
- наиболее холодных суток (обеспеченностью 0,92) – -33°C
- наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) – -28°C
- расчетная температура внутри здания – $+20^{\circ}\text{C}$

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

Разработка технологических карт на процессы возведения стен выполнялась в соответствии с Методическими рекомендациями по разработке и оформлению технологической карты МДС 12-29.2006 и с использованием нормативных показателей трудоемкости в соответствии с Едиными нормами и расценками на строительные, монтажные

и ремонтно-строительные работы, техническими условиями и технологической документацией организаций-производителей строительных материалов и конструкций.

Расчет стоимости строительно-монтажных работ по устройству исследуемых вариантов конструкций стен выполнен базисно-индексным методом в ценах 2 квартала 2015 года. При расчете сметной стоимости строительно-монтажных работ применяются базисные цены по территориальным сметным нормативам ТЕР-2001 (в редакции 2009 года), пересчет в текущие цены выполняется в соответствии с распоряжением №29 от 8 апреля 2015 года Министерства строительства, жилищно-коммунального хозяйства и энергетики «Расчетные средневзвешенные индексы к сметной стоимости строительно-монтажных работ на 2 квартал 2015 года».

Первый исследуемый вариант конструкции стены представляет собой каркасную технологию (сборную конструкцию построечного изготовления) с использованием напыляемого целлюлозного утеплителя «эковата».

В условиях Карелии, при наличии достаточно большого запаса лесных ресурсов, выгодно строить малоэтажные дома с использованием деревянного каркаса. Помимо доступности материалов, ограждающие конструкции из деревянного каркаса отличаются хорошей энергоэффективностью, а бесшовное нанесение утеплителя улучшает показатели тепловой защиты здания.

Эковата – теплоизоляционный материал, который на 80 % состоит из обработанной целлюлозы, на 12 % – из антипиренов (борная кислота – улучшает параметры огнестойкости материала) и на 8 % – из антисептика (бура – защищает конструкцию от грибка, насекомых и грызунов). Утеплитель наносится на горизонтальные, вертикальные или наклонные (между стропилами) поверхности с помощью специального выдувного оборудования. Существует два метода нанесения: влажное и сухое напыление (в исследовании принято сухое напыление). В результате нанесения любым из методов формируется целостный, бесшовный изоляционный слой, который полностью заполняет все пустоты, образуя цельную поверхность. В этом заключается основное технологическое преимущество данного материала по отношению к изоляционным материалам в виде плит или рулонов. Все составляющие целлюлозного утеплителя – природные компоненты, которые нетоксичны и безвредны для человека.

Возведение малоэтажных домов с деревянным каркасом регламентируется сводом правил по проектированию и строительству СП 31-105-2002 Проектирование и строительство энергоэффективных одноквартирных жилых домов с деревянным каркасом, который разработан на основе Национальных норм по жилищному строительству Канады (National Housing Code of Canada 1998 and Illustrated Guide) с учетом условий строительства на территории Российской Федерации и действующих российских нормативных документов.

Конструктивное решение наружной стены принято следующим (изнутри наружу): гипскартонный лист ГКЛ 12,5 мм с плотностью 850 кг/м³, OSB3 - ориентированно-стружечная плита плотностью 650 кг/м³ и толщиной 12 мм, слой парозащитной полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм по ГОСТ 10354-82, слой утеплителя в виде эковаты

толщиной 150 мм плотностью 40 кг/м³ (располагается между стойками каркаса сечением 150x50), ветрозащитная плита ISOPLAAT 25 мм плотностью 230 кг/м³. На наружную сторону плит крепится обрешетка сечением 25x30 мм, в качестве наружной отделки фасада выбрана облицовка из блок-хауса. Конструктивное решение для первого варианта представлено на рисунке 2 (крепежные элементы на рисунке условно не показаны).

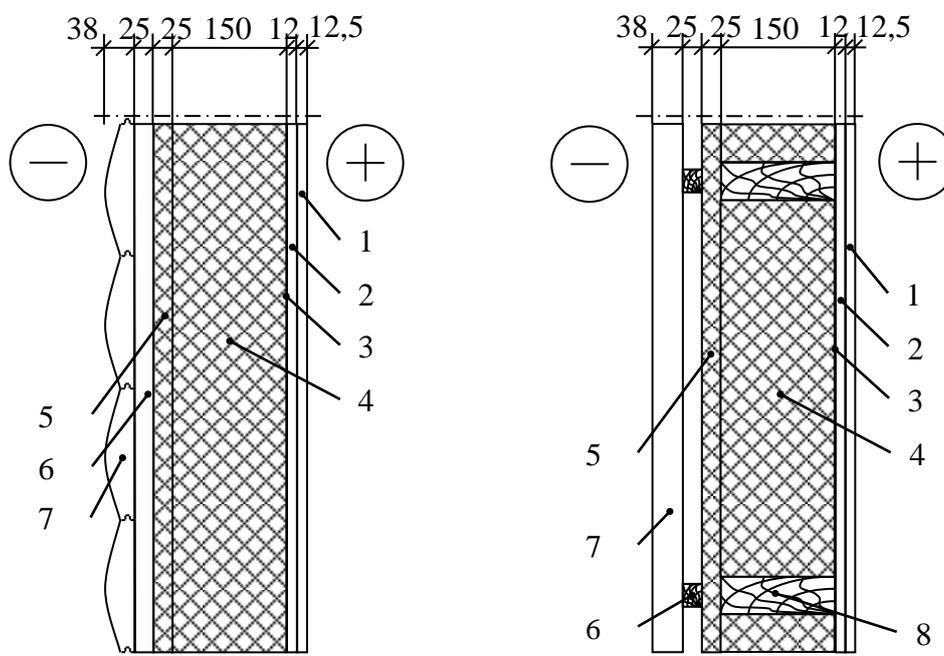


Рисунок 2. Конструкция стены для первого варианта – каркасная технология (сборная конструкция построеночного изготовления) с использованием утеплителя эковата, где: 1 - гипсокартонный лист ГКЛ 12,5 мм с плотностью 850 кг/м³; 2 - ориентированно-стружечная плита OSB3 толщиной 12 мм с плотностью 650 кг/м³; 3 - слой парозащитной полиэтиленовой пленки толщиной 0,2 мм по ГОСТ 10354-82; 4 - слой утеплителя в виде эковаты толщиной 150 мм плотностью 40 кг/м³ (располагается между стойками каркаса сечением 150x50); 5 - ветрозащитная плита ISOPLAAT 25 мм плотностью 230 кг/м³; 6 - обрешетка сечением 25x30 мм; 7 - облицовка фасада имитацией бруса «блок-хаус»; 8 – стойки каркаса сечением 150x50 мм.

Примечание: крепежные элементы к конструкции условно не показаны.

Расчетное сопротивление такой конструкции стены составляет 4,626 м²•°C/Вт при требуемом значении для г. Петрозаводска 3,500 м²•°C/Вт, что указывает на улучшение теплозащитных свойств конструкции по отношению к нормативным показателям.

Второй рассматриваемый вариант конструкции стены представлен блочной технологией (сборная конструкция) в виде кладки из мелкогабаритных блоков из дреесно-цементного композита. В качестве основного материала стены выбран арболитовый блок. Его преимуществами являются низкий коэффициент теплопроводности, высокая степень звукоизоляции, а также возможность производства на территории Республики Карелия с использованием отходов лесопиления и деревообработки [17].

Конструктивное решение наружной стены принято следующим (изнутри наружу): гипсокартонный лист ГКЛ 12,5 мм с плотностью 850 кг/м³, арболитовые блоки (с размерами

200x300x500 мм) толщиной 300 мм плотностью 650 кг/м³, слой утеплителя Rockwool Фасад Батс плотностью 145 кг/м³ и толщиной 50 мм, ветрозащитная плита ISOPLAAT 25 мм плотностью 230 кг/м³. Наружная отделка принята аналогично первому варианту. Конструктивное решение для первого варианта представлено на рисунке 3 (крепежные элементы на рисунке условно не показаны).

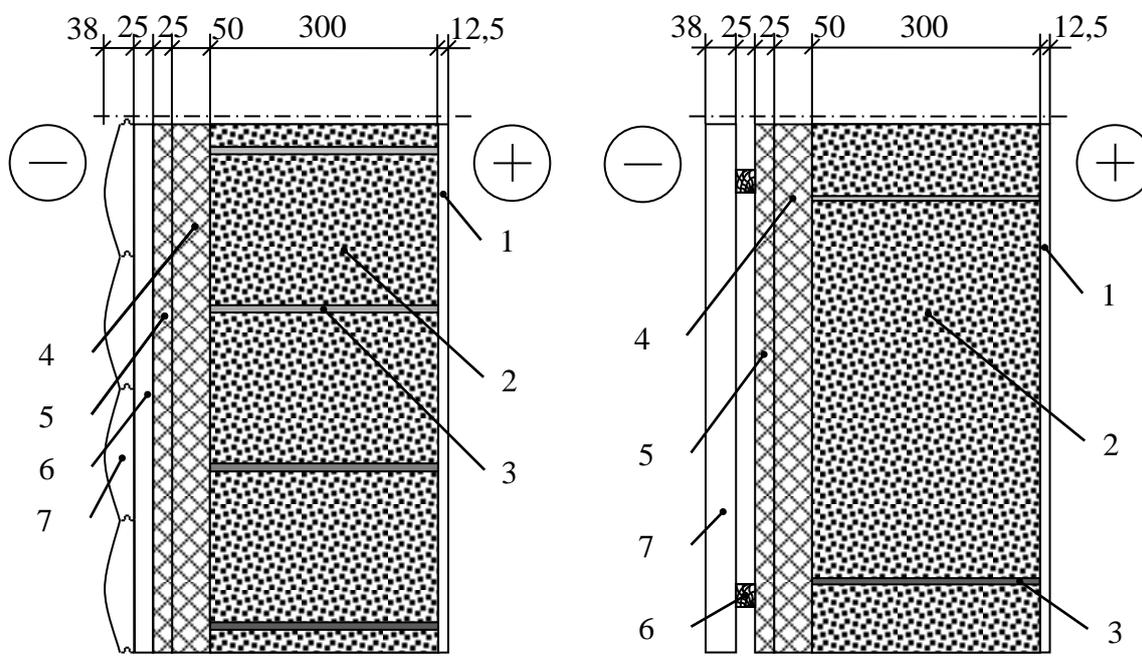


Рисунок 3. Конструкция стены для второго варианта – блочная технология (сборная конструкция) с использованием древесно-композитных арболитовых блоков,

где: 1 - гипсокартонный лист ГКЛ 12,5 мм с плотностью 850 кг/м³; 2 - арболитовые блоки (с размерами 200x300x500 мм) толщиной 300 мм плотностью 650 кг/м³; 3 - кладочный раствор Ceramix-T; 4 - слой утеплителя Rockwool Фасад Батс плотностью 145 кг/м³ и толщиной 50 мм; 5 - ветрозащитная плита ISOPLAAT 25 мм плотностью 230 кг/м³; 6 - обрешетка сечением 25x30 мм; 7 - облицовка фасада имитацией бруса «блок-хаус».

Примечание: крепежные элементы к конструкции условно не показаны.

Расчетное сопротивление конструкции стены составляет 4,417 (м²•°C)/Вт, что достаточно превышает допустимое значение сопротивления теплопередачи для малоэтажных конструкций.

Третий рассматриваемый вариант конструкции стены представлен панельно-каркасной технологией (панельными конструкциями заводского изготовления). Структурно-изолированная панель (сокращенно SIP) способна выдерживать высокие нагрузки и обеспечивать высокие показатели по теплозащите. Панель состоит из наружной и внутренней обшивки из OSB плиты, между которыми располагается пенополистирол ПСБ С-25. Пенополистирол, благодаря своей пористой структуре, обладает положительными свойствами: хорошей теплоизоляцией и звукоизоляцией, биологической инертностью, низким водопоглощением, нетоксичен в применении.

Конструктивное решение наружной стены принято следующим (изнутри наружу): гипсокартонный лист ГКЛ 12,5 мм с плотностью 850 кг/м³, SIP-панель состоящая из двух слоев OSB3 - ориентированно-стружечная плита плотностью 650 кг/м³ и толщиной 12 мм, между которыми находится слой утеплителя пенополистирола ПСБ С-25 толщиной 150 мм и плотностью 25 кг/м³, ветрозащитная плита ISOPLAAT 25 мм плотностью 230 кг/м³. Наружная отделка принята аналогично первому и второму вариантам. Конструктивное решение для третьего варианта представлено на рисунке 4 (крепёжные элементы на рисунке условно не показаны).

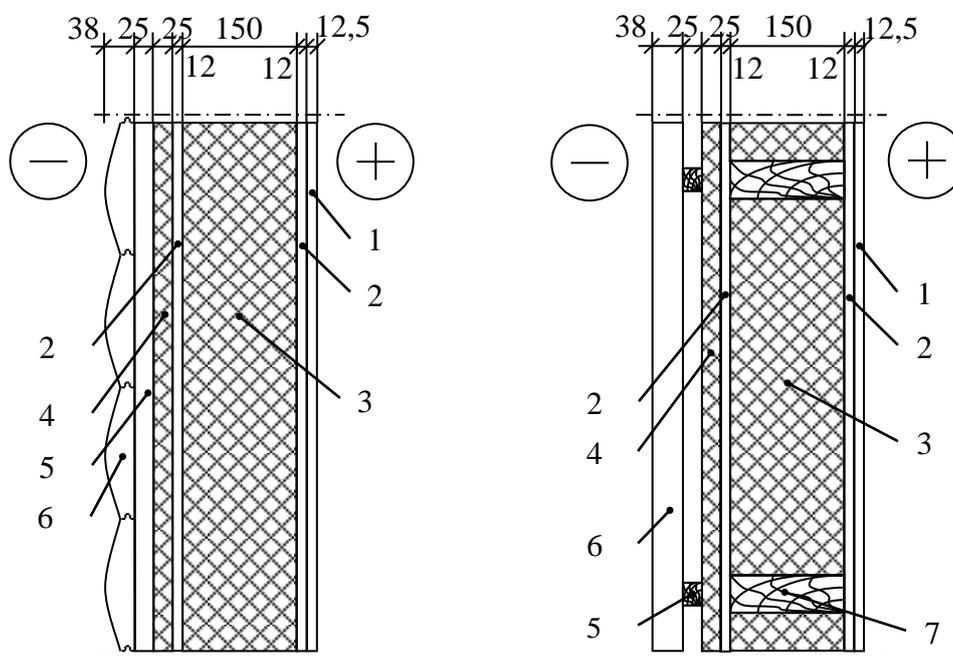


Рисунок 4. Конструкция стены для третьего варианта – панельно-каркасная технология (сборная конструкция из панелей заводского изготовления),

где: 1 - гипсокартонный лист ГКЛ 12,5 мм с плотностью 850 кг/м³; 2, 3 – SIP-панель состоящая из двух слоев ориентированно-стружечной плиты OSB3 толщиной 12 мм с плотностью 650 кг/м³ (2) и слоя утеплителя в виде пенополистирола толщиной 150 мм плотностью 25 кг/м³ (3); 4 - ветрозащитная плита ISOPLAAT 25 мм плотностью 230 кг/м³; 5 - обрешетка сечением 25x30 мм; 6 - облицовка фасада имитацией бруса «блок-хаус»; 7 – стойки каркаса панели сечением 150x50 мм.

Примечание: крепёжные элементы к конструкции условно не показаны.

Данная конструкция стены позволяет достичь сопротивления теплопередачи 4,627 (м²•°С)/Вт, что превышает требуемое значение сопротивления теплопередачи для исследуемых условий.

3. Результаты

Выбранные конструктивные решения вариантов технологий возведения несущих конструкций имеют примерно равные показатели сопротивления теплопередачи, что дает

возможность сосредоточиться на выявлении оптимального варианта несущей конструкции с точки зрения технологических, организационных и экономических показателей.

При калькуляции затрат труда и норм времени применялись единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы, а также данные технических условий организаций-производителей материалов и конструкций по нанесению эковаты сухим методом и по установке SIP-панелей. В таблице 1 представлены затраты труда на производство работ по возведению каркасных, арболитовых и панельно-каркасных стен.

Таблица 1. Затраты труда на возведение стен

Вид стен	Наименование работ	Объем работ	Затраты труда на весь объем, чел.-см.
Каркасные	Установка каркаса	627 м	31,75
	Обшивка каркаса	473,56 м ²	20,85
	Утепление эковатой	21,98 м ³	1,47
	Внутренняя обшивка	155,7 м ²	2,97
	Внешняя обшивка	325,06 м ²	12,46
	Всего:		69,5
Арболитовые (кладка из древесно-композитных блоков)	Кладка из арболитовых блоков	50,44 м ³	13,97
	Утепление стен	167,38 м ²	10,45
	Внутренняя обшивка	309 м ²	12,36
	Внешняя обшивка	332,06 м ²	12,32
	Всего:		49,1
Панельно-каркасные	Установка каркаса	226 м	10,24
	Установка панелей	161,76 м ²	3,03
	Внутренняя обшивка	155,7 м ²	2,97
	Внешняя обшивка	325,06 м ²	12,46
	Всего:		28,7

Назначив состав звена рабочих исполнителей, получена продолжительность и количество рабочих, необходимых для выполнения строительно-монтажных работ по возведению стен. В таблице 2 приведены показатели для каждого конструктивного решения ограждающей конструкции.

Таблица 2. Продолжительность и количество рабочих при возведении стен

Вид стен	Продолжительность (дни)	Количество рабочих (чел)
Каркасные	21	8
Арболитовые (кладка из древесно-компонитных блоков)	18	8
Панельно-каркасные	12	6

На основании полученных данных (см. таблицу 2) можно сделать вывод, что работы по возведению панельно-каркасных стен являются менее трудоемкими и продолжительными.

Для сравнения вариантов несущих ограждающих конструкций по экономическим показателям выполнен расчет стоимости строительных работ и себестоимости конструкции для каждого вида стен в виде локальных смет в программном сметно-аналитическом комплексе А0. Сравнение экономических показателей в ценах 2 квартала 2015 года представлено в таблице 3.

Таблица 3. Стоимость показатели возведения стен в ценах 2 квартала 2015 года

Вид стен	Стоимость строительно-монтажных работ (тыс. руб.)	Себестоимость конструкции (тыс. руб.)
Каркасные	594,29	529,56
Арболитовые (кладка из древесно-компонитных блоков)	654,63	604,81
Панельно-каркасные	545,33	512,80

Наибольшую себестоимость имеет конструкция с применением кладки из арболитовых блоков с утеплением, различие же себестоимости каркасных и панельно-каркасных стен незначительно. Следовательно, выбор варианта ограждающей конструкции выполняется исходя из наименьшей трудоемкости и продолжительности процесса. В результате вариант возведения панельно-каркасных стен из конструкций заводского изготовления является наиболее рациональным для рассматриваемого объекта и принятых условий строительства.

4. Обсуждение и заключение

Рассмотрев три варианта конструкций стен и технологий их возведения при малоэтажном домостроении можно сделать следующие выводы:

- в рамках выполненного исследования рассмотрены три варианта ограждающих конструкций стен малоэтажных зданий: каркасная конструкция стены построечного изготовления с целлюлозным напыляемым утеплителем, конструкция стены из древесно-композитных (арболитовых) блоков с наружным утеплением и панельно-каркасная конструкция из SIP-панелей заводского изготовления. Во всех трех исследуемых конструктивных решениях применяются либо древесина и древесные материалы или их производные, либо отходы деревообрабатывающих производств;
- все рассмотренные конструкции стен соответствуют требованиям по тепловой защите зданий для территориальной зоны г. Петрозаводска Республики Карелия. Расчетное сопротивление теплопередаче исследованных конструкций стен превышает требуемые значения, что говорит о высокой энергоэффективности рассмотренных конструктивов и о возможности их применения в более жестких северных климатических условиях;
- панельно-каркасная технология возведения стен из панелей заводского изготовления представлена наименьшими показателями по трудоемкости и продолжительности строительства;
- по экономическим показателям наиболее рациональными показали себя каркасные технологии возведения стен.

По результатам выполненного исследования наиболее рациональной в применении может рассматриваться технология панельно-каркасного домостроения с использованием SIP-панелей заводского изготовления. Данное конструктивное и технологическое решение имеет ряд преимуществ и недостатков. К достоинствам панельно-каркасной технологии можно отнести следующие аспекты:

- сокращение продолжительности производства работ на строительной площадке за счет применения конструкций заводской готовности;
- высокую энергоэффективность конструктивного решения;
- сравнительно низкую трудоемкость и стоимость строительно-монтажных работ.

Однако, данное решение имеет и ряд недостатков:

- необходимость в наличии на территории заводских мощностей по производству панельных конструкций;
- при большом удалении строительных площадок от заводов-изготовителей могут возрасти затраты на доставку и логистическое обслуживание;
- применение в конструктивном решении пенополистирола, который является горючим материалом и имеет сложности в утилизации и вторичном использовании;
- необходимость применения грузоподъемных машин и механизмов при монтаже панельных конструкций.

Работа выполнена в рамках Программы стратегического развития Петрозаводского государственного университета на 2012-2016 гг.

Литература

1. Кузьменков А.А., Емельянова Е.Г. Тенденции развития жилищного строительства в Республике Карелия // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 8-1. – С. 154-158.
2. Емельянова Е.Г., Кузьменков А.А. Малоэтажное домостроение в решении жилищной проблемы в Республике Карелия // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (23-29 июня 2013 г.)*. ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2013. – С. 19-25.
3. Шишкин А.А. Региональные особенности перспективы развития жилищного строительства Карелии и Петрозаводска // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (23-29 июня 2013 г.)*. ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2013. – С. 70-75.
4. Кузьменков А.А., Емельянова Е.Г. Жилищное строительство в Республике Карелия // *Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: материалы научно-практической конференции (17 апреля 2013 г.)*. ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2013. – С. 107-115.
5. Шишкин А.А. Индивидуальное жилье как приоритет в регионе // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (23-27 июня 2014 г.)*. Часть 2. ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2015. – С. 10-17.
6. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России. / Под ред. д.э.н., проф. А. Н. Асаула. – СПб.: «Гуманистика», 2005. – 563с.
7. Советников Д. О. Строительство здания, отвечающего стандартам пассивного дома // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. – 2014. – № 9 (24). – С. 11-25.
8. Елохов А. Е. Особенности проектирования пассивного дома в России // *Научно-технический журнал Вестник МГСУ*. – 2009. – № 4. – С313-317.
9. Бадьин Г. М. Справочник по малоэтажному энергоэффективному строительству. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 428 с.
10. Кузьменков А.А., Емельянова Е.Г., Александрова Т.О. Исследование предложения компаний на рынке малоэтажного строительства Республики Карелия // *Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: материалы научно-практической конференции (18 апреля 2014 г.)*. ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, – 2014. – С. 81-87.
11. Кузьменков А.А. Перспективы деревянного домостроения на территории Республики Карелия // *Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (23-22-27 июня 2015 г.)*. ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, – 2016. – С. 101-104.
12. Девятникова Л.А., Емельянова Е.Г., Кузьменков А.А., Симонова А.А. Исследование технико-экономических параметров при выборе технологий возведения ограждающих конструкций индивидуальных жилых домов // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета*. – 2015. – № 4 (149). – С. 82-89.
13. Титова С. А., Глущенко Н. В. Анализ энергоэффективности некоторых стеновых конструкций по их теплотехническим характеристикам // *Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: материалы научно-практической конференции (18 апреля 2014 г.)*. ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, – 2014. – С. 101-106.
14. Симонова А. А., Емельянова Е. Г. Экономическое сравнение вариантов ограждающих конструкций при возведении малоэтажных жилых домов // *Деревянное малоэтажное*

домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (23-27 июня 2014 г.). ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2015. – С. 15-21.

15. Девятникова Л. А., Симонова А. А. К вопросу о выборе наружных стен индивидуальных жилых домов // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции (23-27 июня 2014 г.). Часть 2. ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2015. – С. 17-24.
16. Комаров А. К., Филоненко Е. А. Влияние вида стенового материала на технико-экономические показатели строительства малоэтажного дома // Вестник ИрГТУ. – 2015. – №8 (103). – С. 188-196.
17. Андреев А. А., Колесников Г. Н. Совершенствование технологии использования отходов лесопильных предприятий в производстве древесно-цементных материалов для малоэтажного строительства // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 68 (часть 6). – С. 1139–1143.

References

1. Kuz'menkov A.A., Emel'yanova E.G. Tendencii razvitiya zhilishchnogo stroitel'stva v Respublike Kareliya // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. № 8-1. S. 154-158.
2. Emel'yanova E.G., Kuz'menkov A.A. Maloehtazhnoe domostroenie v reshenii zhilishchnoj problemy v Respublike Kareliya // Derevyannoe maloehtazhnoe domostroenie: ehkonomika, arhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii: sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23-29 iyunya 2013 g.). PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo Petropress, 2013. S. 19-25.
3. SHishkin A.A. Regional'nye osobennosti perspektivy razvitiya zhilishchnogo stroitel'stva Karelii i Petrozavodska // Derevyannoe maloehtazhnoe domostroenie: ehkonomika, arhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii: sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23-29 iyunya 2013 g.). PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo Petropress, 2013. S. 70-75.
4. Kuz'menkov A.A., Emel'yanova E.G. ZHilishchnoe stroitel'stvo v Respublike Kareliya // Resursosberegayushchie tekhnologii, materialy i konstrukcii: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii (17 aprelya 2013 g.). PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2013. S. 107-115.
5. SHishkin A.A. Individual'noe zhil'e kak prioritet v regione // Derevyannoe maloehtazhnoe domostroenie: ehkonomika, arhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii: sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23-27 iyunya 2014 g.). CHast' 2. PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo Petropress, 2015. S. 10-17.
6. Teoriya i praktika maloehtazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Rossii. / Pod red. d.eh.n., prof. A. N. Asaula. SPb.: «Gumanistika», 2005. 563s.
7. Sovetnikov D. O. Stroitel'stvo zdaniya, otvechayushchego standartam passivnogo doma // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. 2014. № 9 (24). S. 11-25.
8. Elohov A. E. Osobennosti proektirovaniya passivnogo doma v Rossii // Nauchno-tekhnicheskij zhurnal Vestnik MGSU. 2009. № 4. S313-317.
9. Bad'in G. M. Spravochnik po mabehtazhnomu ehnergoehffektivnomu stroitel'stvu. SPb.: BHV-Peterburg, 2011. 428 s.
10. Kuz'menkov A.A., Emel'yanova E.G., Aleksandrova T.O. Issledovanie predlozheniya kompanij na rynke maloehtazhnogo stroitel'stva Respubliki Kareliya // Resursosberegayushchie tekhnologii, materialy i konstrukcii: materialy nauchno-prakticheskoy konferencii (18 aprelya 2014 g.). PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo Petropress, 2014. S. 81-87.
11. Kuz'menkov A.A. Perspektivy derevyannogo domostroeniya na territorii Respubliki Kareliya // Derevyannoe mabehtazhnoe domostroenie: ehkonomika, arhitektura i resursosberegayushchie

- tehnologii: sbornik statej nauchno-prakticheskoj konferencii (23-22-27 iyunya 2015 g.). PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo Petropress, 2016. S. 101-104.
12. Devyatnikova L.A., Emel'yanova E.G., Kuz'menkov A.A., Simonova A.A. Issledovanie tekhniko-ehkonomicheskikh parametrov pri vybore tekhnologij vozvedeniya ograzhdayushchih konstrukcij individual'nyh zhilyh domov // Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. 2015. № 4 (149). S. 82-89.
 13. Titova S. A., Glushchenko N. V. Analiz ehnergoehffektivnosti nekotoryh stenovyh konstrukcij po ih teplotekhnicheskim harakteristikam // Resursosberegayushchie tekhnologii, materialy i konstrukcii: materialy nauchno-prakticheskoj konferencii (18 aprelya 2014 g.). PetrGU. – Petrozavodsk: Izd-vo Petropress, 2014. S. 101-106.
 14. Simonova A. A., Emel'yanova E. G. EHkonomicheskoe sravnenie variantov ograzhdayushchih konstrukcij pri vozvedenii malohtazhnyh zhilyh domov // Derevyannoe malohtazhnoe domostroenie: ehkonomika, arhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii: sbornik statej nauchno-prakticheskoj konferencii (23-27 iyunya 2014 g.). PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo Petropress, 2015. S. 15-21.
 15. Devyatnikova L. A., Simonova A. A. K voprosu o vybore naruzhnyh sten individual'nyh zhilyh domov // Derevyannoe malohtazhnoe domostroenie: ehkonomika, arhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii: sbornik statej nauchno-prakticheskoj konferencii (23-27 iyunya 2014 g.). CHast' 2. PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo Petropress, 2015. S. 17-24.
 16. Komarov A. K., Filonenko E. A. Vliyanie vida stenovogo materiala na tekhniko-ehkonomicheskie pokazateli stroitel'stva malohtazhnogo doma // Vestnik IrGTU. 2015. №8 (103). S. 188-196.
 17. Andreev A. A., Kolesnikov G. N. Sovershenstvovanie tekhnologii ispol'zovaniya othodov lesopil'nyh predpriyatij v proizvodstve drevesno-cementnyh materialov dlya malohtazhnogo stroitel'stva // Fundamental'nye issledovaniya. 2014. № 68 (chast' 6). S. 1139-1143.