

Июнь, № 4

Технические науки

2015

УДК 69

ЛЮДМИЛА АНАТОЛЬЕВНА ДЕВЯТНИКОВА

кандидат технических наук, доцент кафедры архитектуры, строительных конструкций и геотехники Института лесных, инженерных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*lud\_dev@mail.ru*

ЕЛЕНА ГЕННАДЬЕВНА ЕМЕЛЬЯНОВА

кандидат экономических наук, доцент кафедры организации строительного производства Института лесных, инженерных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*zhenemel@mail.ru*

АЛЕКСАНДР АЛЕКСЕЕВИЧ КУЗЬМЕНКОВ

кандидат экономических наук, доцент кафедры организации строительного производства Института лесных, инженерных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*kuzmenkov@petrsu.ru*

АНАСТАСИЯ АЛЕКСЕЕВНА СИМОНОВА

студент 4-го курса Института лесных, инженерных и строительных наук, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)  
*obchenie@mail.ru*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ\*

Рассматриваются результаты оценки энергоэффективных ограждающих конструкций стен малоэтажных жилых домов по различным технико-экономическим показателям. Для исследования выбраны следующие конструкции стен: бруscатые стены с наружным утеплением, стены из газобетонных блоков с наружным утеплением, стены, изготовленные с применением системы несъемной опалубки VELOX (ВЕЛОКС), и стены из блоков с применением древесно-композитного материала. В результате сравнения по технологическим и экономическим показателям выявлены наиболее эффективные и экономически выгодные варианты конструкции стены для малоэтажного жилого здания в условиях Карелии.

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

Строительство малоэтажных жилых объектов набирает все большую популярность и поддерживается государственными программами как на федеральном уровне, так и на уровнях субъектов РФ и муниципальных образований. Малоэтажное жилищное строительство рассматривается как одна из возможностей решения жилищной проблемы или улучшения жилищных условий для населения [4], [8].

В настоящее время в нормативно-технических документах отсутствует четко определенное понятие малоэтажного строительства. Однако в Градостроительном кодексе РФ определен ряд объектов капитального строительства, для которых установлен упрощенный порядок проектирования, проведения экспертизы проектной документации, строительства, строительного контроля и государственного строительного

надзора, а также ввода в эксплуатацию. К таким объектам жилищного строительства относятся здания высотой не более трех этажей: индивидуальные жилые дома, жилые дома блокированной застройки с количеством блок-секций в здании не более десяти; многоквартирные дома с количеством секций в здании не более четырех.

Наряду с усилением внимания потребителей к строительству малоэтажных жилых объектов для постоянного проживания, проявляется интерес к материалам, конструкциям и технологиям возведения, применяемым при строительстве такого рода объектов. Современный строительный рынок предлагает широкий спектр материалов, конструкций и технологий для строительства. При анализе предложений строительных компаний на рынке малоэтажного строительства РК [5] были выявлены основные группы стро-

ительных материалов для возведения ограждающих конструкций – это дерево и древесные материалы, мелкоразмерные элементы в виде кирпича, легкобетонных и композитных блоков и энергоэффективные конструкции с применением монолитного железобетона. К последним относятся технологии применения несъемной опалубки VELOX (ВЕЛОКС) и DURISOL (ДЮРИСОЛ), а также опалубки из пенополистирольных блоков. Следует также отметить, что наиболее популярным материалом для строительства и изготовления конструкций стен на территории РК остается древесина. Однако классические технологии строительства уходят на второй план в связи с повышающимися требованиями к теплозащитным свойствам конструкций, а их место занимают современные решения, возможность применения которых требует дополнительных исследований.

Целью предложенного в работе исследования явилось определение наиболее оптимального варианта устройства наружных стен, рассматриваемых в качестве ограждающих конструкций малоэтажного жилого здания. Сравнение различных конструкций наружных стен производилось по теплозащитным свойствам [6], а также по ряду технологических и экономических показателей, так как без комплексной оценки сложно предложить, какой из вариантов окажется предпочтительным.

В качестве объекта для исследования принят одноэтажный одноквартирный индивидуальный жилой дом общей площадью 70,6 м<sup>2</sup> с размерами в плане 9,8 × 5,8 м и высотой этажа 2,8 м (высота жилых помещений от пола до потолка 2,6 м). Объемно-планировочные решения дома приняты в соответствии с СП 55.13330.2011 и с учетом требований, определяющих технические показатели жилья экономического класса.

Для сравнительной оценки выбраны четыре варианта наружных стен, наиболее популярных в практике индивидуального малоэтажного домостроения в РК:

1. Стены из бруса с использованием эффективного утеплителя;
2. Стены из газобетона марки D400 с использованием эффективного утеплителя;
3. Стены с применением строительной системы VELOX (ВЕЛОКС);
4. Стены с применением древесно-цементного композитного материала по классификации ГОСТ Р 54854–2011.

Первый вариант ограждающих конструкций стен представлен классической конструкцией брусчатой стены с дополнительным наружным утеплением и наружной отделкой из металлического профилированного листа (металлосайдинга) по металлическому каркасу. Конструкция стены для первого варианта представлена на рис. 1. В конструкции стены применя-

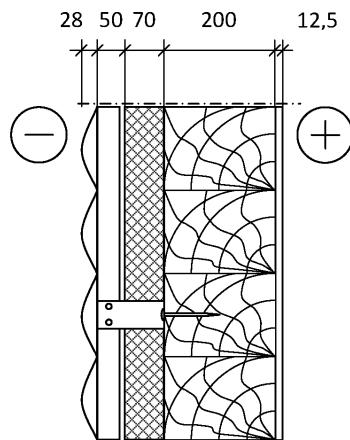


Рис. 1. Стена из бруса с использованием эффективного утеплителя

ется брус из древесины хвойных пород сечением 150 × 200 мм по ГОСТ 8486–86 и ГОСТ 24451–80, минераловатные плиты Rockwool VENTI BATTC плотностью 90 кг/м<sup>3</sup> (ЗАО «Минеральная Вата») толщиной 70 мм и система навесного вентилируемого фасада с воздушным зазором с облицовкой металлическим сайдингом по металлическому каркасу (ООО «Компания Металл Профиль»). Между венцами брусья скрепляются деревянными нагелями круглого сечения диаметром до 3 см для обеспечения соединения одним нагелем нескольких рядов брусьев (от двух до трех рядов). Крепеж нагелями осуществляется в шахматном порядке с шагом от 1000 до 1500 мм. Угловые соединения и стыки внутренних и наружных стен выполняются без остатка одним из известных способов: в полдерева с нагелем, впритык или встык, впритык с коренным шипом, в лапу, на вставных шпонках, сковороднем либо полусковороднем. Дополнительное утепление брусчатой стены необходимо, поскольку для соответствия современным нормам по тепловой защите толщина слоя только из древесины будет составлять примерно 0,5 м. Утепление также позволит решить проблему продуваемости стен между брусьями и в угловых соединениях. Плиты минерального утеплителя крепятся к стене при помощи тарельчатых дюбелей с расчетом не менее 4 шт. на одну плиту размерами 1000 × 600 мм. Так как в конструкции используется гидрофобизированный утеплитель достаточно высокой плотности, устройство защиты из паропроницаемой, ветро- и влагозащитной мембранны не требуется. Облицовка из стального сайдинга монтируется на облегченную подконструкцию, состоящую из металлических крепежных кронштейнов и Г-образного крепежного профиля. Кронштейны устанавливаются на стену через паронитовую прокладку до монтажа слоя утеплителя. Вылет кронштейна назначается в соответствии с толщиной слоя утеплителя и исходя из необходимости обеспечения воздушного зазора величиной мини-

мум в 40 мм с учетом возможности закрепления направляющих под облицовку. В качестве основания под внутреннюю отделку стены принята ориентированно-стружечная плита OSB-3 толщиной 12,5 мм. В первом варианте конструкции для теплотехнического расчета приняты следующие характеристики слоев материалов стены:

- 1-й слой – ориентированно-стружечная плита OSB толщиной 0,0125 м, плотностью 650 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,13 Вт/м °C;
- 2-й слой – брус толщиной 0,2 м, плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,14 Вт/м °C;
- 3-й слой – утеплитель Rockwool ВЕНТИ БАТТС толщиной 0,07 м, плотностью 90 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,035 Вт/м °C.

Стальной сайдинг не учтен в теплотехническом расчете, так как термическое сопротивление этого слоя ничтожно мало.

Второй вариант конструкции стены реализован в виде кладки из мелкоразмерных легкобетонных блоков автоклавного твердения (в данном исследовании – газобетонные блоки AEROC). В рассматриваемом варианте конструкции стены используются блоки марки D400 размерами 300 × 250 × 625 мм, класс по прочности B2,5, класс по морозостойкости F50. Тонкошовная кладка блоков ведется с использованием клея AEROC и армированием через 4 ряда блоков арматурой диаметром 8 мм класса A400. Армирование также предусматривается для первого ряда кладки на фундаменте, зон опирания перемычек (желательно по 900 мм от края проемов), зон под оконными проемами (на ширину оконного проема плюс 900 мм в каждую сторону от проема), в уровне каждого перекрытия и под стропильной системой. Устройство перемычек над проемами реализуется за счет применения U-блоков этого же производителя. Конструкция U-блока имеет полость для размещения арматурного каркаса и последующего заполнения бетоном. С наружной стороны предусмотрен теплоизоляционный слой из плит каменной ваты Rockwool ФАСАД БАТТС плотностью 130 кг/м<sup>3</sup> и толщиной 50 мм. Крепление утеплителя производится либо механическим способом (тарельчатыми дюбелями), либо при помощи высокоадгезионных клеевых составов. Наружная отделка реализована по «мокрому» принципу с устройством декоративной штукатурки толщиной 15 мм по слою теплоизоляции. Для теплотехнического расчета приняты следующие характеристики слоев материалов стены:

- 1-й слой – газобетон Aeroc марки D 400 толщиной 0,3 м, плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,13 Вт/м °C;
- 2-й слой – утеплитель Rockwool ФАСАД БАТТС толщиной 0,05 м, плотностью

130 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,037 Вт/м °C;

- 3-й слой – штукатурка толщиной 0,015 м, плотностью 2100 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,698 Вт/м °C.

Конструктивное решение стены для второго варианта представлено на рис. 2.

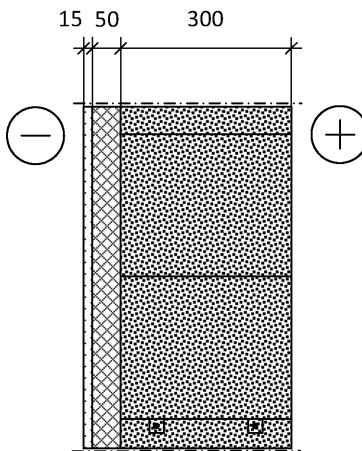


Рис. 2. Стена из газобетона с использованием эффективного утеплителя

Третий вариант стены представлен конструкцией, основанной на применении технологии монолитного строительства в несъемной опалубке из щепоцементных плит VELOX (ВЕЛОКС). В работе [3] рассмотрен пример использования системы VELOX в качестве ограждающих конструкций одноэтажного жилого дома. Представлены два варианта утеплителей (без изменения остальных слоев конструкции в целом) с небольшой разницей коэффициента теплопроводности в 0,002 Вт/м °C. Очевидно, что утеплитель с более низким коэффициентом теплопроводности придает конструкции стены повышенную теплоизацию, что сократило теплопотери здания почти на 0,63 Вт на 1 м<sup>2</sup> общей площади дома.

Несъемная опалубка состоит из двух щепоцементных плит толщиной 35 мм, установленных параллельно друг другу и скрепленных между собой металлическими стяжками. К наружной плите приклеен слой экструдированного пенополистирола марки URSA XPS N-III толщиной 100 мм. Технологически в процессе возведения стен между плитами опалубки создается монолитное железобетонное ядро из тяжелого бетона толщиной 150 мм. Наружная и внутренняя отделка предусмотрена в виде слоя цементно-песчаной декоративной штукатурки толщиной 15 мм. Для теплотехнического расчета приняты следующие характеристики слоев материалов стены:

- 1-й слой – штукатурка толщиной 0,03 м, плотностью 2100 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,698 Вт/м °C;

- 2-й слой – щепоцементная плита толщиной 0,07 м, плотностью 670 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,11 Вт/м °C;
- 3-й слой – монолитный железобетон толщиной 0,15 м, плотностью 2500 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 2,04 Вт/м °C;
- 4-й слой – экструдированный пенополистирол марки URSA XPS N-III толщиной 0,1 м, плотностью 35 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,033 Вт/м °C.

Конструкция стены для третьего варианта показана на рис. 3.

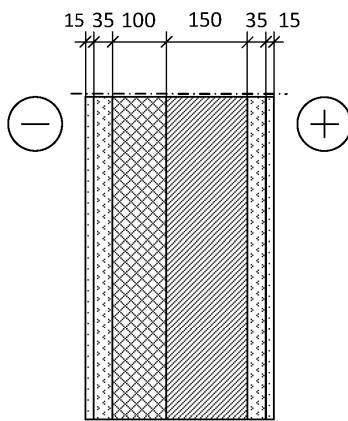


Рис. 3. Стена с применением системы VELOX

В четвертом варианте конструкции стены применяются мелкоразмерные блоки из древесно-цементного композитного материала по классификации ГОСТ Р 54854–2011. В качестве заполнителя в материале блоков использованы опилки хвойных пород. Плотность блоков из древесно-цементного композита составляет 650 кг/м<sup>3</sup>, класс прочности на сжатие В2,5, марка по морозостойкости F25 [1]. Размер блоков 500 × 250 × 250 мм. Общая толщина стены с учетом наружной и внутренней отделки в виде цементно-песчаной штукатурки толщиной 15 мм составляет 530 мм. Кладка выполняется с использованием легкого теплоизоляционного раствора на основе вспученного перлита с перевязкой кладкой «тычком» через каждые три ряда ложковой кладки. Использование теплоизоляционного кладочного раствора позволяет избежать образования теплопроводных участков при формировании швов стандартной толщины: для горизонтальных швов – от 10 до 15 мм, в среднем 12 мм, в пределах высоты этажа; для вертикальных швов – от 8 до 15 мм, в среднем 10 мм. Перемычки над проемами выполняются из сборных железобетонных элементов, которые укладываются вдоль внутренней и наружной граней стены, а между ними устраивается вкладыш из теплоизоляционного материала. Деревянные балки перекрытий опираются на стену через выравнивающий слой из армированного цементно-песчаного раствора.

Глубина опирания деревянных балок должна быть не менее 150 мм. Для распределения нагрузки от балки под нее на кладку устанавливают стальную полосу толщиной 6 мм, ширина полосы не менее 60 мм. Между торцом и стеной должен оставаться воздушный зазор не менее 20 мм. Для теплотехнического расчета приняты следующие характеристики слоев материалов стены:

1-й слой – штукатурка толщиной 0,03 м, плотностью 2100 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,698 Вт/м °C;

2-й слой – блоки из древесно-цементного композитного материала толщиной 0,5 м, плотностью 650 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности 0,13 Вт/м °C.

Конструкция стены для четвертого варианта представлена на рис. 4.

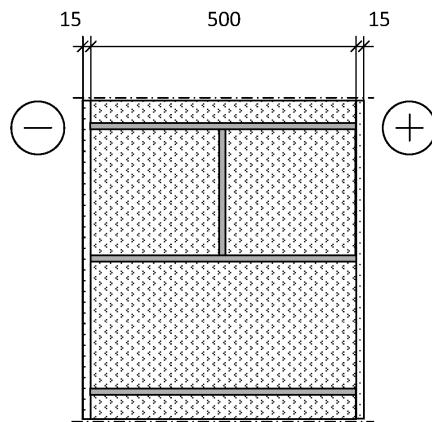


Рис. 4. Стены из мелкоразмерных блоков из древесно-цементного композитного материала

В рамках современной концепции ресурсо- и энергосбережения вопрос использования отходов различных видов производства и потребления становится актуальным и для строительной отрасли. Варианты конструкции стены с использованием технологии ВЕЛОКС и с применением древесно-цементного композитного материала предусматривают использование отходов деревообрабатывающей промышленности в виде измельченной древесины [1], [2], [7].

Теплотехнический расчет четырех вариантов стен выполнен по методике СП 50.13330.2012 в соответствии с СП 131.13330.2012. На основе этих нормативных документов приняты следующие условия эксплуатации ограждающих конструкций для г. Петрозаводска:

- расчетная внутренняя температура 20 °C;
- расчетная зимняя температура наружного воздуха холодной 5-дневки –28 °C;
- средняя температура отопительного периода –3,2 °C;
- продолжительность отопительного периода 235 суток.

Согласно расчету значение градусо-суток отопительного периода ( $D_d$ ) составило 5452 °C • сут.,

следовательно, требуемое значение сопротивления теплопередаче  $R_{req} = 3,3082 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Далее для каждого варианта стен определено расчетное сопротивление теплопередаче ( $R_o, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ). Показателем соответствия строительным нормам по теплотехническим характеристикам является выполнение условия  $R_o \geq R_{req}$ . При подборе толщин слоев конструкций всех четырех вариантов стен это условие соблюдено. Кроме того, чтобы учесть неоднородность наружных стен, коэффициент теплотехнической однородности для всех вариантов принят равным 0,9. Результаты теплотехнического расчета представлены в таблице.

Толщина стены более 500 мм является незакономичной из-за увеличения ширины фундаментных блоков. При увеличении толщины стены уменьшается объем помещения, а вместе с ним и общая площадь. Из рассмотренных вариантов толщину стены более 500 мм имеет только стена из древесно-цементного композита с наиболее высокими теплозащитными свойствами. Легче всех оказалась конструкция из бруса с утеплителем, имеющая также и наименьшую толщину из рассмотренных вариантов. Конструкции из древесно-цементного композита и технологии ВЕЛОКС отличаются наибольшим весом, но при этом характеризуются применением отходов деревообработки.

Для каждого из рассмотренных вариантов конструкций были разработаны технологические карты на выполнение строительно-монтажных работ по возведению стен и определены основные параметры технологических процессов: затраты труда рабочих, затраты времени машин и механизмов, расчетная продолжительность выполнения работ, часовая выработка и трудоемкость монтажа приведенной единицы измерения объема работ. Расчеты произведены на основании данных единых норм и расценок (ЕНиР) и, в отдельных случаях, на основании данных государственных элементных сметных норм (ГЭСН). В качестве рассматриваемого объема работ принят вышеописанный одноэтажный жилой дом. Расчет продолжительности производства работ произведен с учетом состава звена в соответствии с данными ЕНиР и при работе в одну смену длительностью 8 рабочих часов. Результаты сравнения технологических показателей представлены в таблице.

Как видно из результатов сравнения технологических показателей возведения стен, наиболее трудоемкими в исполнении являются стены из бруса с утеплением и устройство стен по технологии ВЕЛОКС. Стены из газобетонных блоков с наружным утеплением и древесно-цементных блоков имеют сопоставимые показатели по трудоемкости и продолжительности производства работ. Стены из бруса с наружным утеплением имеют наибольшую продолжительность вы-

полнения работ, что обусловлено большим количеством немеханизированных работ. Стены, выполняемые по технологии ВЕЛОКС, характеризуются наименьшей продолжительностью выполнения работ, что можно аргументировать отработанной технологией и высоким качеством исходных строительных материалов. Исходя из сравнения часововой выработки на 1 м<sup>2</sup> наиболее производительными являются стены из газобетонных блоков с утеплением и система ВЕЛОКС, однако наименьшая трудоемкость устройства 1 м<sup>2</sup> конструкции стены наблюдается у конструкций из газобетонных блоков и блоков из древесно-цементного композита.

Для сравнения экономических показателей рассматриваемых вариантов наружных стен в работе был выполнен расчет сметной стоимости строительно-монтажных работ по возведению исследуемого одноэтажного одноквартирного индивидуального жилого дома общей площадью 70,6 м<sup>2</sup>. При расчете сметной стоимости отделочные работы не учитывались. Локальные сметы составлены базисно-индексным методом согласно требованиям МДС 81-35.2004 на основе территориальных единичных расценок Республики Карелия ТЕР-2001 с применением индексов пересчета сметной стоимости в текущий уровень цен. Индексы изменения сметной стоимости СМР по видам строительства в текущий уровень цен (на IV квартал 2014 года) приняты в соответствии с приложением № 1 к распоряжению Министерства строительства, жилищно-коммунального хозяйства и энергетики РК № 73 от 26 сентября 2014 года. Индексы применялись к статьям прямых затрат и составили:

- к основной заработной плате – 13,97;
- к эксплуатации машин и механизмов – 6,56;
- к материальным затратам – 4,52.

Накладные расходы рассчитывались косвенным путем в процентах от фонда оплаты труда рабочих-строителей и механизаторов по каждому виду строительно-монтажных работ согласно МДС 81-34.2004. Аналогично рассчитывалась сметная прибыль. Нормы сметной прибыли по видам строительно-монтажных работ приняты согласно МДС 81-25.2001. Результаты сравнения экономических показателей рассматриваемых вариантов наружных стен и расчетов сметной стоимости строительства здания приведены в таблице.

Как видно из результатов сравнения, по экономическим показателям наиболее затратной является брускатая конструкция стены с наружным утеплением. На втором месте по стоимости – конструкция стены с использованием технологии ВЕЛОКС. Наиболее эффективными с точки зрения стоимостных показателей признаны конструкции с применением мелкоразмерных блоков из газобетона и древесно-цементного композитного материала.

## Сравнение расчетных (технических, конструктивных), технологических и экономических показателей вариантов наружных стен

Расчетные показатели конструкций	Варианты конструкций стен			
	Брус с утепли-телем	Газобетон с утеплителем	VELOX	Древесно-цемен-тный композит
Технические, конструктивные показатели				
Толщина стены, м	0,348	0,365	0,35	0,53
Сопротивление теплопередаче, Ro, м <sup>2</sup> °C/Bт	3,35	3,45	3,55	3,64
Вес 1 м <sup>2</sup> , кг	120,85	158	488,4	388
Использование отходов производства	–	–	+	+
Технологические показатели				
Рассматриваемый объем работ, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	37,02/105,26	38,9/105,4	37,24/105,28	57,46/106,72
Общая трудоемкость работ, чел./ч	513,38	286,15	462,49	269,06
Затраты машинного времени, маш./ч	6,81	17,92	24,11	17,92
Расчетная продолжительность работ, ч/см	170,08/21,26	137,2/17,15	125,2/15,65	136,56/17,07
Часовая выработка, м <sup>3</sup> /ч/м <sup>2</sup> /ч	0,21/0,62	0,28/0,77	0,3/0,84	0,42/0,78
Трудоемкость устройства 1 м <sup>3</sup> /1 м <sup>2</sup> конструкции, чел./ч	13,87/4,88	7,36/2,72	12,42/4,39	4,68/2,52
Экономические показатели				
Прямые затраты, руб.,	350406	88752	165571	64220
в том числе:				
– основная зарплата	89461	48527	82645	40103
– эксплуатация машин и механизмов	11294	19133	22148	8737
– материалы	249651	21092	60778	15380
Накладные расходы, руб.	103507	60173	109796	51159
Себестоимость, руб.	453913	148925	275367	115379
Сметная прибыль, руб.	62319	36510	63621	31693
Сметная стоимость, руб.	517627	189567	345222	148715
НДС, руб.	93172	34122	62140	26768
Итого с НДС, руб.	610800	223870	407362	175484
Сметная стоимость 1 м <sup>2</sup> , руб./м <sup>2</sup>	5803	2124	3869	1644
Сметная стоимость 1 м <sup>3</sup> , руб./м <sup>3</sup>	16499	5755	10939	3054
Экономические показатели строительства одноэтажного одноквартирного жилого дома общей площадью 70,6 м <sup>2</sup> (стены, фундамент и кровля)				
Прямые затраты, руб.,	692653,06	430781,28	507600,45	406248,32
в том числе:				
– основная зарплата	190658,18	149724,05	183841,98	141299,8
– эксплуатация машин и механизмов	26405,81	34245,04	37260,19	23848,77
– материалы	475589,07	246812,19	286498,28	241099,75
Накладные расходы, руб.	221044,46	161831,52	234365,04	174877,94
Себестоимость, руб.	913697,46	596612,8	741965,49	581126,26
Сметная прибыль, руб.	130821,38	105068,2	132179,82	100251,4
Сметная стоимость, руб.	1047576,13	704149,48	882714,34	685357,05
НДС, руб.	188563,7	126746,91	158888,58	123364,27
Итого с НДС, руб.	1236139,83	830896,38	1041606,92	808721,32
Сметная стоимость 1 м <sup>2</sup> общей площади дома (стены, фундамент и кровля), руб./м <sup>2</sup>	17509	11769	14754	11455

Общие выводы по результатам исследования:

- Наиболее трудоемкой и дорогой в изготовлении из рассматриваемых вариантов является конструкция стены из бруса с наружным утеплением. С точки зрения эффективного

использования древесины необходимо более детальное исследование технологий возведения жилых зданий с использованием деревянных конструкций, например набирающих популярность деревянных каркасных домов.

2. Конструкции стен с использованием технологии ВЕЛОКС не могут рассматриваться как эффективные по технологическим и экономическим показателям при строительстве малоэтажных жилых зданий. Данная технология будет, на наш взгляд, более рациональной при возведении зданий средней этажности (от 3 до 5 этажей).
3. В качестве наиболее эффективных конструкций стен при возведении малоэтажных жилых зданий могут рассматриваться конструкции с применением мелкоразмерных блоков из газобетона и древесно-цементного композитного материала. При этом для территории Республики Карелия блоки из газобетона являются привозным строительным материалом, в то время как блоки из древесно-цементного композита производятся местными компаниями.
4. Древесно-цементные композитные блоки более отвечают требованиям ресурсосбе-режения, так как при их производстве используются отходы деревообрабатывающей промышленности. Кроме того, по сравнению с блоками из легких бетонов, древесно-цементный композитный материал имеет лучшее соотношение прочности и жесткости, что позволяет отказаться от дополнительного армирования конструкции стены.
5. В качестве перспективного направления развития дальнейших исследований рассматривается более детальное сравнение вариантов конструкций стен малоэтажных зданий в основных группах: бревенчатые стены, брусковые стены, деревянные каркасные стены, стены из легких блоков, кирпичные слоистые стены и монолитные стены с использованием систем несъемной опалубки с учетом возможности использования местных строительных материалов.

\* Работа выполнена при поддержке Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 гг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Девятникова Л. А., Емельянова Е. Г. Пути повышения эффективности использования древесного сырья на целлюлозно-бумажных комбинатах // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2012. № 8 (129). Т. 2. С. 65–68.
3. Девятникова Л. А., Симонова А. А. Поиск путей ресурсосбережения при проектировании индивидуального жилого дома с использованием системы Велокс (Velox) // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: Сб. ст. научно-практ. конф.: г. Петрозаводск, 23–28 июня 2013 г. Петрозаводск: Петропресс, 2013. С. 9–14.
4. Кузьменков А. А., Емельянова Е. Г. Тенденции развития жилищного строительства в Республике Карелия // Фундаментальные исследования. 2013. № 8 (часть 1). С. 154–158.
5. Кузьменков А. А., Емельянова Е. Г., Александрова Т. О. Исследование предложения строительных компаний на рынке малоэтажного строительства Республики Карелия // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: Материалы научно-практ. конф.: г. Петрозаводск, 18 апреля 2014 г. Петрозаводск: Петропресс, 2014. С. 81–87.
6. Титова С. А., Глушенко Н. В. Анализ энергоэффективности некоторых стеновых конструкций по их теплотехническим характеристикам // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: Материалы научно-практ. конф.: г. Петрозаводск, 18 апр. 2014 г. Петрозаводск: Петропресс, 2014. С. 101–106.
7. Титова С. А., Кузьменков А. А. Измельченная древесина: опыт и перспективы применения (на примере Республики Карелия) // Фундаментальные исследования. 2013. № 10 (часть 10). С. 2174–2177.
8. Черникова Т. В., Учинина Т. В. Анализ развития малоэтажного строительства в районах Пензенской области // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.science-education.ru/121-17173](http://www.science-education.ru/121-17173)

**Devyatnikova L. A.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)  
**Emel'yanova E. G.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)  
**Kuz'menkov A. A.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)  
**Simonova A. A.**, Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

#### RESEARCH OF TECHNO-ECONOMICAL PARAMETERS FOR TECHNOLOGIES EMPLOYED IN ERECTION OF ENCLOSING STRUCTURES OF FREE-STANDING RESIDENTIAL BUILDINGS

The appraisal value of enclosing structures for free-standing residential buildings by means of different technical and economic indicators is considered in the article. The following wall constructions were chosen for the research: blocked walls with outdoor heat insulation, gas-concrete blocked walls with outdoor heat insulation, walls made with the use of sacrificial formwork system VELOX,

and blocked walls made with the use of wood-fiber composite material. According to the comparison results, the most practical and cost-efficient variants of the wall construction for free-standing residential buildings in the Republic of Karelia were identified.

Key words: low-height construction, engineering and economical comparison, wall enclosure structures, energy saving, resource conservation

#### REFERENCES

1. Andreev A. A., Kolesnikov G. N. Improvement technology of using sawdust in the manufacture of wood-cement materials for low-rise construction [Sovershenstvovanie tekhnologii ispol'zovaniya otkhodov lesopil'nykh predpriyatiy v proizvodstve drevesno-tsementnykh materialov dlya maloetazhnogo stroitel'stva]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. № 68 (part 6). P. 1139–1143.
2. Devyatnikova L. A., Emel'yanova E. G. Ways to improve effectiveness of wood resources' usage at pulp and paper mills [Puti povysheniya effektivnosti ispol'zovaniya drevesnogo syr'ya na tsellyulozno-bumazhnykh kombinatakh]. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. "Estestvennye i tekhnicheskie nauki"* [Proceedings of Petrozavodsk State University. Natural and Engineering Sciences]. 2012. № 8 (129). Vol. 2. P. 65–68.
3. Devyatnikova L. A., Simonova A. A. Search of ways of resource-saving at the design of private houses with use of the system VELOX [Poisk putey resursosberezheniya pri proektirovaniyu individual'nogo zhilogo doma s ispol'zovaniem sistemy Veloks (Velox)]. *Derevyannoe maloetazhnoe domostroenie: ekonomika, arkhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii: Sbornik statey nauchno-prakticheskoy konferentsii: g. Petrozavodsk, 23–28 iyunya 2013 g.* Petrozavodsk, Petropress Publ., 2013. P. 9–14.
4. Kuz'menkov A. A., Emel'yanova E. G. Housing trends in the Republic of Karelia [Tendentsii razvitiya zhilishchnogo stroitel'stva v Respublike Kareliya]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. № 8 (part 1). P. 154–158.
5. Kuz'menkov A. A., Emel'yanova E. G., Aleksandrova T. O. Research construction companies proposals in the market of low-rise building in Republic of Karelia [Issledovanie predlozheniya stroitel'nykh kompaniy na rynke maloetazhnogo stroitel'stva Respubliki Kareliya]. *Resursosberegayushchie tekhnologii, materialy i konstruktsii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii: g. Petrozavodsk, 18 aprelya 2014 g.* Petrozavodsk, Petropress Publ., 2014. P. 81–87.
6. Titova S. A., Glushchenko N. V. The analysis of energy efficiency of some wall designs on their thermal technical characteristics [Analiz energoeffektivnosti nekotorykh stenovykh konstruktsiy po ikh teplotekhnicheskim kharakteristikam]. *Resursosberegayushchie tekhnologii, materialy i konstruktsii: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii: g. Petrozavodsk, 18 apr. 2014 g.* Petrozavodsk, Petropress Publ., 2014. P. 101–106.
7. Titova S. A., Kuz'menkov A. A. Disintegrated wood: experience and prospects of application [Izmel'chennaya drevesina: opyt i perspektivy primeneniya (na primere Respubliki Kareliya)]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. № 10 (part 10). P. 2174–2177.
8. Chernitsova T. V., Uchinina T. V. Analysis of low-rise construction in the area of Penza region [Analiz razvitiya maloetazhnogo stroitel'stva v rayonakh Penzenskoy oblasti]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2015. № 1. Available at: [www.science-education.ru/121-17173](http://www.science-education.ru/121-17173) (28.04.2015)

Поступила в редакцию 30.04.2015