

DOI: 10.15393/j2.art.2020.5222

УДК 699.86

Статья

Эффективность утепления стен жилых деревянных зданий при их ремонте в условиях Республики Карелия

Кузьменков Александр Алексеевич

кандидат экономических наук, доцент, Петрозаводский государственный университет (Российская Федерация), kuzmenkov@petrsu.ru

Получена: 17 марта 2020 / Принята: 23 июня 2020 / Опубликовано: 25 июня 2020

Аннотация: В статье представлены результаты прикладного исследования, направленного на решение проблемы ресурсосбережения при ремонте жилых деревянных зданий. Актуальность темы обоснована необходимостью выполнения рассчитанной до 2044 г. Региональной программы капитального ремонта многоквартирных домов, расположенных на территории Республики Карелия. Объект исследования: конструктивные и технологические решения пяти вариантов утепления деревянных стен существующих зданий. Методы исследования: анализ известных решений, вариантное проектирование, технико-экономический анализ вариантов по трём группам показателей: техническим, технологическим и экономическим. По результатам исследования установлено, что наиболее эффективным вариантом является навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Polinog» и облицовки металлическим профилированным листом. Данное решение целесообразно с точки зрения низкой стоимости. Полученные количественные оценки объемов необходимых ресурсов и новых технологий позволили автору выявить варианты, позволяющие как сократить сроки утепления стен и покрытия, так и уменьшить утечку тепла через стены. Предлагаемый к использованию теплоизоляционный материал, вследствие своей новизны, пока не получил широкого применения, однако, как показало представленное исследование, может рассматриваться как перспективный утеплитель стен жилых деревянных зданий при их капитальном ремонте. Перспективы развития темы статьи связаны с обоснованием новых вариантов усиления тепловой защиты деревянных жилых зданий с учётом представленных в статье результатов.

Ключевые слова: деревянные жилые здания; утепление стен; ресурсосберегающие технологии.

DOI: 10.15393/j2.art.2020.5222

Article

The effectiveness of wall insulation of repaired residential wooden buildings in the Republic of Karelia

Aleksandr Kuz'menkov

*PhD in economics, associate professor, Petrozavodsk State University (Russian Federation),
kuzmenkov@petrsu.ru*

Received: 17 March 2020/ Accepted: 23 June 2020 / Published: 25 June 2020

Abstract: The article presents the results of an applied research aimed at solving the problem of resource conservation in repaired residential wooden buildings. The relevance of the topic is justified by the need to implement the Regional program for the capital repair of apartment buildings located in the Republic of Karelia on going until 2044. The object of study: constructive and technological solutions of five options for heat insulation of wooden walls of the existing buildings. Research methods: analysis of known solutions, variant design, technical and economic analysis of options for three groups of indicators: technical, technological and economic. According to the results of the study, it was found that the most effective and low cost option is a hinged ventilated facade on a wooden crate with the use of the sprayed insulation “Polinor” and lining with a metal profiled sheet.. The obtained quantitative estimates of the volumes of necessary resources and new technologies allowed the author to identify the options that both reduce the period of wall insulation and covering and the heat leakage through the walls. The heat-insulating material proposed for use, due to its novelty, has not yet received widespread use, however, as shown by the study, it can be considered as a promising insulation of walls of residential wooden buildings during their capital repair. Prospects for the development of the topic of the article are connected with the justification of new options for enhancing the thermal protection of wooden residential buildings, taking into account the results presented in the article.

Keywords: wooden residential buildings; wall insulation; resource-saving technologies.

1. Введение

На территории Республики Карелия реализуется Региональная программа капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах, расположенных на территории Республики Карелия, на 2015—2044 гг. Под региональную программу капитального ремонта в Карелии попали 6993 многоквартирных дома, большинство из которых представляют собой деревянные дома брусчатого или каркасного типа. Первые дома, которые подверглись капитальному ремонту, были именно деревянные. Самым часто ремонтируемым конструктивным элементом являются стены, а точнее — замена обшивки фасада и монтаж утеплителя. Основной проблемой таких домов являются значительные теплопотери через стены и кровлю. В целях экономии применяются дешевые материалы, но они не всегда эффективны, поэтому важно найти золотую середину между ценой и качеством. Применение качественных материалов может повысить стоимость дома и понизить размер коммунальных платежей за отопление.

Целью данного исследования является выявление наиболее эффективного варианта технологий утепления стен деревянных жилых многоквартирных домов при их капитальном ремонте. Для достижения поставленной цели были реализованы следующие задачи:

- выбран объект исследования, на основании результатов технического обследования оценены его состояние и проектное решение утепления и облицовки фасада, разработаны четыре альтернативных варианта решения по утеплению и облицовке фасада;
- выполнена сравнительная оценка пяти вариантов решений по техническим, технологическим и экономическим показателям, выявлен наиболее рациональный вариант решения.

В качестве объекта исследования был выбран деревянный двухэтажный 12-квартирный жилой дом 1959 года постройки, расположенный в г. Петрозаводске. Срок эксплуатации здания 57 лет, дата последнего капитального ремонта — 1971 г. Здание двухэтажное, двухподъездное, построено по типовому проекту. Здание прямоугольное в плане, габаритные размеры в плане составляют $9,5 \times 31,65$ м, высота этажа в свету 2,7 м. Общая площадь здания $482,0 \text{ м}^2$. Окна главного фасада выходят на северо-запад, а дворового — на юго-восток.

Конструктивная схема здания — с продольными и поперечными несущими брусчатыми стенами. Фундаменты — бутовые, ленточные. Перекрытия — деревянные, по деревянным балкам. Наружные стены брусчатые, из бруса сечением 150×150 мм. Снаружи стены обшиты вагонкой по деревянному каркасу. Внутренние перегородки — двойные дощатые. Кровля — вальмовая, четырёхскатная, образованная деревянной стропильной системой с покрытием из шифера. Архитектурный облик фасада до и после капитального ремонта представлен на рисунках 1 и 2 соответственно.

Выбор проектных решений осуществлялся исходя из наличия на региональном рынке облицовочных и теплоизоляционных материалов, а также с учётом санитарно-гигиенических, противопожарных и эстетических требований. Вопросы, касающиеся выбора материалов для проведения капитального ремонта, являются очень актуальными и важными, т. к. различные

материалы имеют разные свойства, а также свои преимущества и недостатки. От правильного выбора материала и технологии производства работ зависит и срок дальнейшей эксплуатации здания, безопасность и экономичность проживания в нём.



Рисунок 1. Фасады здания до капитального ремонта

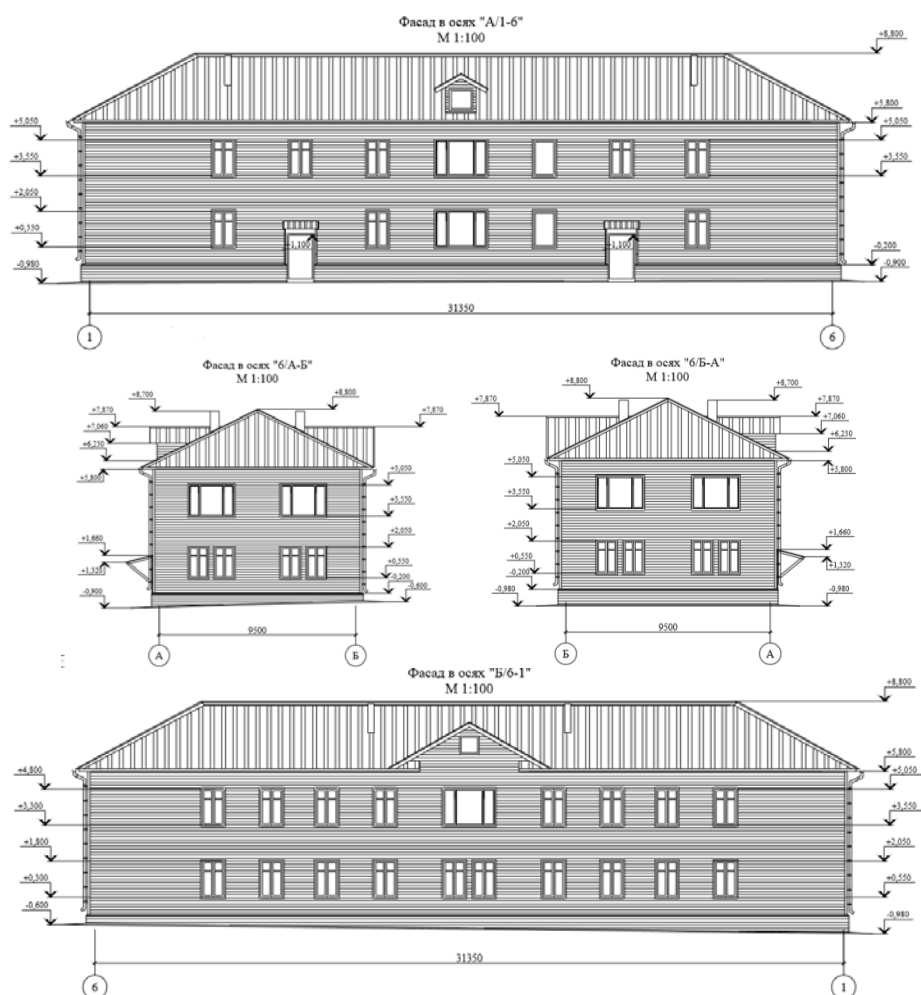


Рисунок 2. Фасады здания после капитального ремонта

В качестве вариантов утепления и облицовки наружных стен рассмотрены следующие варианты:

1. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением утеплителя из стекловаты и облицовки металлическим сайдингом (проектное решение).
2. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешетке с применением утеплителя из каменной ваты и облицовки вагонкой.
3. Навесной вентилируемый фасад по металлическому каркасу с применением жёстких теплоизоляционных плит и облицовки виниловым сайдингом.
4. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Эковата» и облицовки металлическим сайдингом.
5. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Polinor» и облицовки профилированным листом.

Вопросам, связанным с проведением капитального ремонта жилых зданий, в последнее время уделяется повышенное внимание исследователей [1], [3], [4], [9]. По результатам ранее выполненных исследований [5], [6], [7], [8], авторами был сделан вывод о необходимости более детального изучения технологий усиления тепловой защиты зданий типовой застройки при проведении капитального ремонта.

2. Материалы и методы

Перед разработкой проектной документации на проведение капитального ремонта здания проектной организацией было выполнено обследование технического состояния здания [11]. При физическом износе деревянных зданий свыше 65 % проведение работ по капитальному ремонту считается нецелесообразным, такие здания признаются аварийными и подлежат сносу. Процент физического износа конструктивных элементов рассчитывается по таблице 3 ВСН 53-86(р) [2]. В ходе обследования объекта не были выявлены дефекты и повреждения, снижающие прочность, устойчивость и жёсткость несущих конструкций здания. Средневзвешенное значение физического износа здания в объёме объекта обследования составляет 40 %. Несмотря на уже вышедший срок эксплуатации здания (более 50 лет), в целом оно находится в удовлетворительном состоянии и характеризуется своей ремонтпригодностью. На основании проведённого технического обследования специалистами был сделан вывод, что текущее техническое состояние здания предусматривает возможность проведения капитального ремонта.

Проектом капитального ремонта [12] здания предусмотрен перечень работ по:

- восстановлению целостности растворного заполнения бутовой кладки цоколя, штукатурного слоя цоколя, проведению мероприятий по отводу поверхностных стоков (устройству отмостки);
- полной замене конструкций площадок входов (крылец) с устройством новых конструкций козырьков;
- замене оконных и дверных блоков в помещениях общедомового имущества;

- устройству нового облицовочного покрытия фасадов здания;
- полной замене конструкции кровли для обеспечения требований герметичности и однородности, также установка новых стропил между существующими;
- полной замене системы электроснабжения;
- переносу газового оборудования.

Проектный вариант утепления и облицовки наружных стен предусматривает устройство системы навесного вентилируемого фасада по двойной перекрёстной обрешётке. Обшивка фасада запроектирована металлическим сайдингом типа «Корабельная доска». Крепление металлосайдинга по фасаду производится по деревянной перекрёстной обрешётке при помощи самонарезающих винтов $3,5 \times 19$ мм. Для устройства обрешётки используется брусок с антисептированной обработкой. Обрешётка выполняется в три слоя:

- 1-й слой: обрешётка усиления в горизонтальном направлении — обрезной брус сечением 50×50 мм с шагом 600 мм;
- 2-й слой: обрешётка крепления в вертикальном направлении — обрезной брус сечением 50×50 мм с шагом 600 мм;
- 3-й слой: контрообрешётка в вертикальном направлении — обрезной брус сечением 50×50 мм с шагом 600 мм (крепится по второму слою обрешётки).

Также устройство обрешётки предусмотрено по периметру оконных и дверных проёмов. Обрешётка крепится к фасаду здания при помощи усиленных металлических уголков $50 \times 50 \times 35 \times 2,5$ мм. Все элементы крепления должны быть оцинкованными. Вертикальный слой обрешётки крепится непосредственно к стене при помощи самонарезающих винтов $3,8 \times 90$ мм, а горизонтальный слой — на вертикальную обрешётку.

Для сокращения теплопотерь здания принят теплоизоляционный материал из минеральной ваты на основе кварца «Ursa. Универсальная плита» размерами $50 \times 600 \times 1000$ мм в два слоя с коэффициентом теплопроводности $0,044$ Вт/м К и плотностью 16 кг/м³. Из-за невысокой плотности материала утеплитель крепится к существующей стене тарельчатыми дюбелями 10×160 мм через два слоя. Плиты первого слоя укладываются с первым слоем обрешётки, плиты второго слоя — со вторым слоем обрешётки. Для защиты утеплителя устраивается ветро-влагозащитный слой из мембранной плёнки «Изостронг АМ», который укладывается по второму слою утепления под контрообрешётку крепления облицовки (рисунок 3, таблица 1).

Контрообрешётка выполняется из бруска сечением 50×50 мм, что создаёт основу для крепления облицовочного материала и обеспечит воздушную прослойку 50 мм между утеплителем и обшивкой. Для крепления контрообрешётки к горизонтальным брускам применяются самонарезающие винты $4,2 \times 75$ мм.

Перед облицовкой необходимо произвести демонтаж обшивки наружных стен и деревянного отлива по периметру здания. При ремонте фасадов здания необходимо выполнить демонтаж и устройство новых деревянных крылец. Также предусмотрено устройство входных площадок и деревянных козырьков входа. Козырьки над входами выполняются по деревянному каркасу с покрытием профилированным листом НС-44.

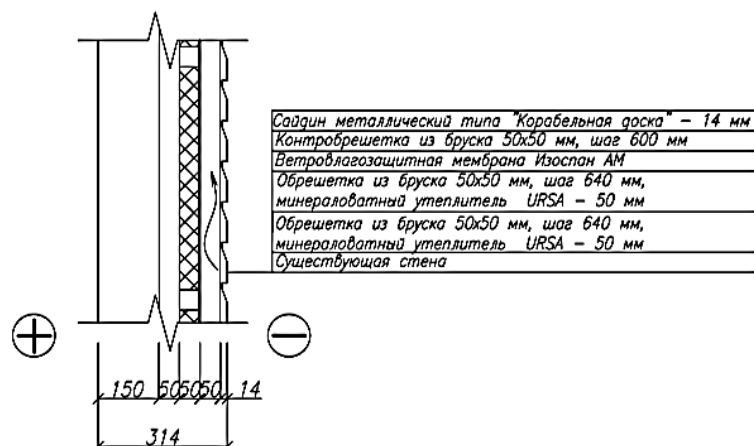


Рисунок 3. Навесная вентилируемая система с утеплителем из стекловаты и облицовкой металлосайдингом (проектное решение) [12]

Таблица 1. Параметры слоёв конструкции навесного вентилируемого фасада с применением утеплителя из стекловаты и облицовкой металлосайдингом (проектное решение)

Наименование слоя	Расчётный коэффициент теплопроводности материалов, λ (Вт/(м ² · °С))	Толщина слоя, t (мм)	Масса конструкции НВФ на 1 м ² стены, m (кг)
Существующая стена (брус)	0,18	150	—
Утеплитель «Ursa» плотностью 16 кг/м ³	0,044	100	1,44
Вентилируемый воздушный зазор (обрешётка + ветро-влагозащитная мембрана)	—	50	7,59
Металлический сайдинг	—	14	3,83
	Σ	314	12,86

В настоящее время активно разрабатываются и выпускаются новые материалы и технологии утепления ограждающих конструкций. В жилых зданиях, которые попадают под программу капитального ремонта в текущий момент, использованы материалы, которые применялись более 50 лет назад. Капитальный ремонт является хорошей возможностью продлить срок эксплуатации ремонтируемых зданий, не только за счёт повышения степени теплозащиты, но и применения современных материалов. Навесной вентилируемый фасад даст возможность конструкции стены «дышать». Воздушная прослойка обеспечивает движение воздушных масс, что позволяет конструкции проветриваться, а это является важным фактором для домов из бруса.

Для настоящего исследования были разработаны четыре альтернативных варианта конструкции утепления и облицовки брусчатых стен. Для получения более точной экономической оценки, связанной с подбором утеплителя, во всех вариантах принимаются следующие конструктивные решения, не влияющие на сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции:

- оштукатуривание цоколя;
- применение ветро-влагозащитной мембраны марки «Изоспан АМ»;
- применение единообразных метизов;
- идентичная конструкция козырьков над входами.

Во втором варианте изменены только два элемента навесного вентилируемого фасада — это утеплитель и материал облицовки. Конструкция представляет собой навесной вентилируемый фасад на двойной перекрестной обрешётке аналогично проектному решению. В два слоя обрешётки закладывается утеплитель на основе каменной ваты «Isover. Тёплый дом, плита» размерами $50 \times 610 \times 1000$ мм с коэффициентом теплопроводности $0,038$ Вт/м К и плотностью 35 кг/м³. Толщина утеплителя подбиралась исходя из сортамента данного теплоизоляционного материал, представленного на рынке. Утеплитель выигрывает по теплотехническим характеристикам относительно проектного варианта, хотя его стоимость выше предыдущего. Крепление плит к стене не требуется (рисунок 4, таблица 2).

Выбор облицовочного материала основывался на том, что утеплитель негорючий. Данное обстоятельство даёт возможность использовать разнообразные материалы для облицовки фасада. Для придания эстетического вида дому, более исторически ему соответствующего, облицовочным материалом принята евровагонка. Для защиты материала облицовки от атмосферных осадков необходима окраска фасада.

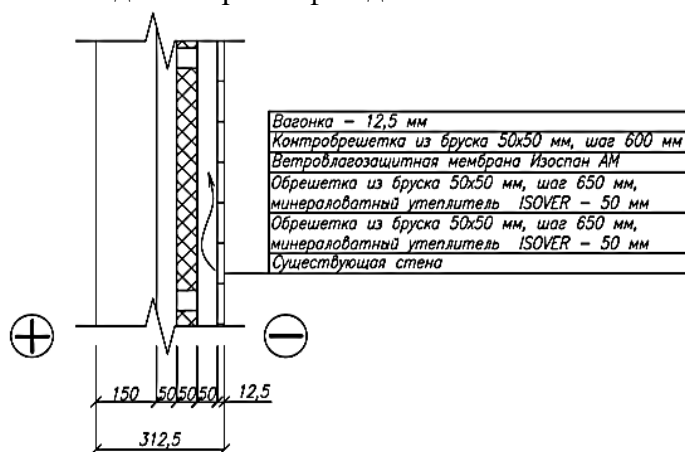


Рисунок 4. Навесная вентилируемая система с утеплителем из каменной ваты и облицовкой вагонкой

В третьем варианте навесной вентилируемый фасад устраивается на металлическом каркасе, что позволит облегчить вес конструкции и применить более плотные теплоизолирующие материалы на основе каменной ваты. Основой металлического каркаса

являются металлические кронштейны КРУ-2р с размерами 150 × 80 мм. Металлические кронштейны крепятся к стене через паронитовые прокладки при помощи самонарезающих винтов 3,8 × 75 мм.

Таблица 2. Параметры слоёв конструкции навесного вентилируемого фасада с применением утеплителя из каменной ваты и облицовки вагонкой

Наименование слоя	Расчётный коэффициент теплопроводности материалов, λ (Вт/(м ² · °С))	Толщина слоя, t (мм)	Масса конструкции НВФ на 1 м ² стены, m (кг)
Существующая стена (брус)	0,18	150	—
Утеплитель «Isover. Тёплый дом, плита» плотностью 35 кг/м ³	0,038	100	3,15
Вентилируемый воздушный зазор (обрешётка + ветро- влагозащитная мембрана)	—	50	7,59
Вагонка	—	12,5	6
	Σ	312,5	16,74

В данном варианте применяется утеплитель на основе жёстких теплоизоляционных плит «Rockwool. Венти Баттс» размерами 100 × 600 × 1200 мм в один слой с коэффициентом теплопроводности 0,040 Вт/м К и плотностью 90 кг/м³. Толщина утеплителя также подбиралась исходя из сортамента предложенных вариантов на рынке. Утеплитель крепится к существующей стене тарельчатыми дюбелями 10 × 160 мм. Использование данного утеплителя позволяет отказаться от устройства ветро- влагозащитной мембраны, в связи с высокой плотностью минераловатных изделий (рисунок 5, таблица 3).

Для создания вентилируемого зазора величиной 50 мм устанавливаются направляющие из Г-образного профиля сечением 50 × 20 × 12 мм. Направляющие крепятся к кронштейнам при помощи самонарезающих винтов 3,5 × 19 мм. Материал облицовки также принят из достаточного лёгкого материала — винилового сайдинга. Сайдинг крепится к направляющим с помощью самонарезающих винтов 3,5 × 19 мм.

В четвёртом варианте предусматривается только два слоя обрешётки, что позволяет частично сократить объём применяемых материалов и трудоёмкость выполнения работ. Для сокращения тепловых потерь для данного варианта применён достаточно редко используемый метод утепления — использование напыляемого утеплителя «Эковата». Эковата — теплоизоляционный, экологически чистый материал, состоящий из обработанной целлюлозы. Утеплитель наносится на поверхности любого уклона при помощи специального выдувного оборудования. В результате напыления получается бесшовное покрытие, что исключает появление мостиков холода и создаёт сплошную поверхность без пустот. В рассматриваемом варианте предусматривается влажный метод напыления (рисунок 6, таблица 4).

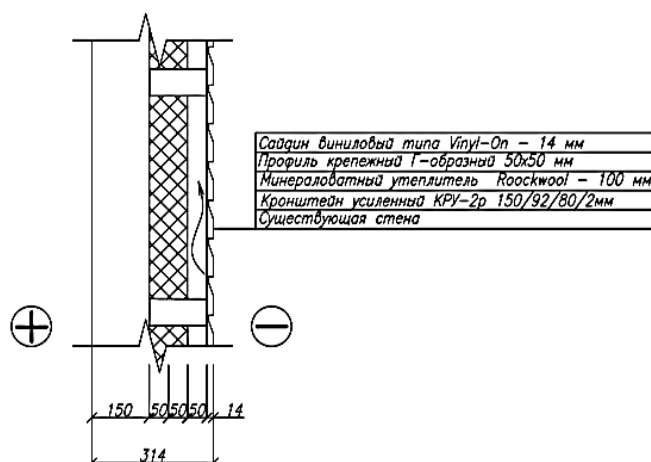


Рисунок 5. Навесная вентилируемая система с жёсткими теплоизоляционными плитами и облицовкой виниловым сайдингом

Таблица 3. Параметры слоёв конструкции навесного вентилируемого фасада с жёсткими теплоизоляционными плитами и облицовкой виниловым сайдингом

Наименование слоя	Расчётный коэффициент теплопроводности материалов, λ (Вт/(м ² · °С))	Толщина слоя, t (мм)	Масса конструкции НВФ на 1 м ² стены, m (кг)
Существующая стена (брус)	0,18	150	—
Утеплитель «Rockwool. Венти Баттс» плотностью 90 кг/м ³	0,040	100	8,1
Вентилируемый воздушный зазор (металлопрофиль)	—	50	3
Виниловый сайдинг	—	14	1,89
	Σ	314	12,99

Для удобства нанесения утеплителя и контроля его толщины устраивается горизонтальная обрешётка, которая крепится непосредственно к стене при помощи усиленных металлических уголков 50 × 50 × 35 × 2,5 и самонарезающих винтов 3,5 × 41 мм. Толщина утеплителя подбиралась кратно 10 мм для удобства регулирования слоя деревянными направляющими брусками сечением 50 × 80 мм. Толщина слоя эковаты 80 мм, коэффициент теплопроводности 0,034 Вт/м К, плотность 65 кг/м³.

Второй слой обрешётки необходим для создания вентилируемого зазора. Вертикальный слой контробрешётки крепится к горизонтальному с помощью самонарезающих винтов 4,2 × 75 мм. Для защиты материала утеплителя необходима ветро-влажностная мембрана «Изоэстронг АМ», которая крепится непосредственно к обрешётке утеплителя.

Облицовочный материал подбирался с учётом степени огнестойкости утеплителя. В связи с тем, что утеплитель имеет достаточно высокую степень горючести, материал облицовки должен быть негорючим. Поэтому в качестве облицовочного материала принят металлический сайдинг, который крепится к контробрешётке при помощи самонарезающих винтов $3,5 \times 19$ мм.

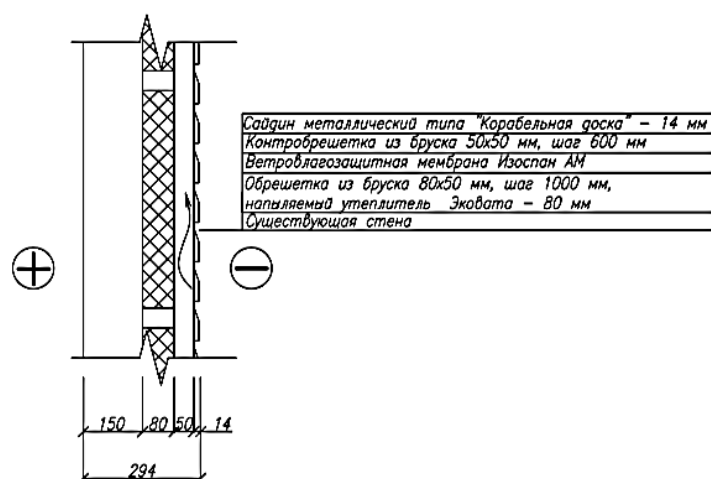


Рисунок 6. Навесная вентилируемая система с применением напыляемого утеплителя «Эковата» и облицовки металлосайдингом

Таблица 4. Параметры слоёв конструкции навесного вентилируемого фасада с применением напыляемого утеплителя «Эковата» и облицовки металлосайдингом

Наименование слоя	Расчётный коэффициент теплопроводности материалов, λ (Вт/(м ² · °С))	Толщина слоя, t (мм)	Масса конструкции НВФ на 1 м ² стены, m (кг)
Существующая стена (брус)	0,18	150	—
Утеплитель «Эковата» плотностью 65 кг/м ³	0,034	80	4,68
Вентилируемый воздушный зазор (обрешётка + ветро-влагозащитная мембрана)	—	50	6,5
Металлический сайдинг	—	14	3,83
	Σ	294	15,01

В пятом варианте также предусматривается только два слоя обрешетки. В качестве теплоизолирующего слоя применяется достаточно новый материал — напыляемый утеплитель «Polinor». Это пенополиуретановый однокомпонентный утеплитель с мелкозернистой структурой. Напыляется на любые поверхности при помощи специального пистолета и насадки, образует сплошную и прочную поверхность (рисунок 7, таблица 5).

Для удобства нанесения утеплителя и контроля его толщины устраивается горизонтальная обрешётка, которая крепится непосредственно к стене при помощи усиленных металлических уголков $50 \times 50 \times 35 \times 2,5$ мм и самонарезающих винтов $3,5 \times 41$ мм. Толщина утеплителя также назначалась исходя из кратности 10 мм для удобства нанесения слоя. Контроль толщины слоя производится деревянными направляющими брусками сечением 60×50 мм. Толщина слоя утеплителя 60 мм с коэффициентом теплопроводности $0,025$ Вт/м К и плотностью 28 кг/м³. Основным отличием от эковаты является то, что данный утеплитель реализуется в баллонах и не требует дополнительного оборудования, кроме специального пистолета.

Применение напыляемого утеплителя позволяет отказаться от устройства ветро- влагозащитной мембраны, в связи с его структурой и составом. Второй слой обрешётки необходим для создания вентилируемого зазора величиной 50 мм между утеплителем и облицовочным материалом. Вертикальные бруски контробрешётки сечением 50×50 мм крепятся к горизонтальной обрешётке с помощью самонарезающих винтов $4,2 \times 75$ мм.

Облицовочный материал также подбирался в соответствии с группой горючести утеплителя. Материал утепления горючий, следовательно, принят альтернативный вариант металлической облицовки — профилированный лист С-10.

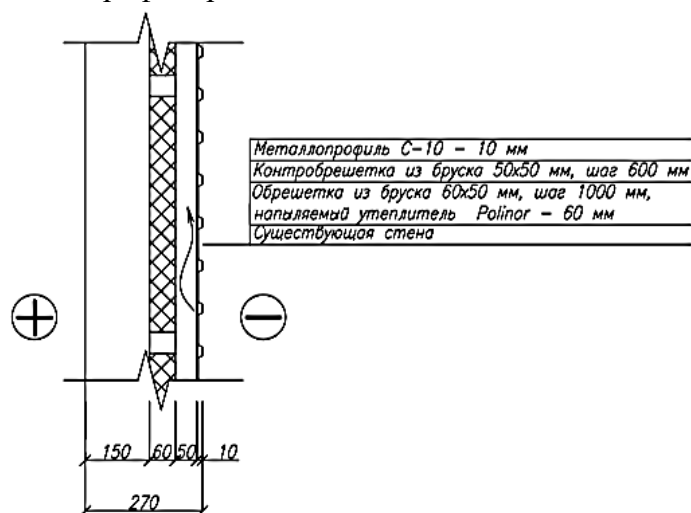


Рисунок 7. Навесная вентилируемая система с применением напыляемого утеплителя «Polinor» и облицовки профилированным листом

Разработка ограждающих конструкций выполнена в соответствии с требованиями к тепловой защите зданий для обеспечения комфортного микроклимата в помещениях при минимальном расходе тепловой энергии на отопление здания и в соответствии с СП 50.13330-2014 [13].

Таблица 5. Параметры слоёв контрукции навесного вентилируемого фасада с применением напыляемого утеплителя «Polinor» и облицовки профилированным листом

Наименование, плотность	Расчётный коэффициент теплопроводности материалов, λ (Вт/(м ² · °С))	Толщина слоя, t (мм)	Масса конструкции НВФ на 1 м ² стены, m (кг)
Существующая стена (брус)	0,18	150	—
Утеплитель «Polinor», 28 кг/м ³	0,025	60	1,52
Вентилируемый воздушный зазор	—	50	5,5
Профилированный лист	—	10	3,83
	Σ	270	10,85

Исходные данные для расчёта ограждающих конструкций в соответствии с СП 50.13330-2014:

Район строительства — г. Петрозаводск.

Вид ограждающей конструкции — стены.

$t_n = -28$ °С — расчётная температура наружного воздуха в холодный период года, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92.

$t_v = 20$ °С — расчётная средняя температура внутреннего воздуха здания, принимаемая по меньшим показателям приемлемой температуры.

$t_{om} = -3,2$ °С — средняя температура наружного воздуха отопительного периода, принимаемая для периода со средней температурой наружного воздуха не более 10 °С.

$z = 235$ сут. — продолжительность отопительного периода, принимаемая для периода со средней температурой наружного воздуха не более 10 °С.

Режим помещения — нормальный.

Условия эксплуатации ограждающих конструкций — Б.

При теплотехническом расчёте ограждающих конструкций необходимо, чтобы сопротивление теплопередаче R_0 было не меньше величины, определяемой строительными и санитарно-гигиеническими требованиями R_{mp} .

Градусо-сутки отопительного периода: ГСОП = 5452 °С·сут./год.

Требуемое сопротивление теплопередаче наружной стены для рассматриваемых условий: $R_{mp} = 3,31$ °С/Вт.

Результаты теплотехнического расчёта для пяти вариантов представлены в таблице 6.

Таблица 6. Результаты теплотехнического расчёта

Расчётные показатели конструкции	Варианты конструкций стен				
	1	2	3	4	5
Сопrotивление конструкции теплопередаче, °C/Вт	3,31	3,67	3,54	3,39	3,54

Примечание. Здесь и далее варианты конструкций стен в таблице для наглядности представлены в виде цифр:

1. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением утеплителя из стекловаты и облицовки металлическим сайдингом (проектное решение).
2. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешетке с применением утеплителя из каменной ваты и облицовки вагонкой.
3. Навесной вентилируемый фасад по металлическому каркасу с применением жёстких теплоизоляционных плит и облицовки виниловым сайдингом.
4. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Эковата» и облицовки металлическим сайдингом.
5. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Polinor» и облицовки профилированным листом.

При разработке вариантов были получены следующие технические показатели для сравнения:

- сопротивление теплопередаче конструкции стены с навесным вентилируемым фасадом;
- толщина конструкции стены с навесным вентилируемым фасадом;
- масса 1 м^2 конструкции навесного вентилируемого фасада на существующей стене.

В рамках проведения исследования были разработаны пять технологических карт на строительные-монтажные работы по утеплению стен многоквартирного дома для рассматриваемых вариантов конструкций. На основании технологических карт были рассчитаны технико-экономические показатели, которые позволяют получить представление о затраченном времени и количестве рабочих-строителей, необходимых для выполнения работ.

При разработке технологических карт были получены следующие показатели для сравнения:

- рассматриваемый объём работ;
- нормативная трудоёмкость на весь объём работ;
- проектная трудоёмкость на весь объём работ;
- общие затраты времени машин;
- общая продолжительность;
- нормативная трудоёмкость на 1 м^2 ;
- проектная трудоёмкость на 1 м^2 ;
- часовая выработка на принятый состав звена или бригады;

- нормативная выработка на одного рабочего в час;
- проектная выработка на одного рабочего в час.

Основное внимание при сравнении технологических параметров обращалось на проектные значения технико-экономических показателей, т. к. они сформированы на основании запроектированного графика производства работ.

Расчёт локальных смет был произведён базисно-индексным методом на основе территориальной сметно-нормативной базы ТЕР-2001 [14] в редакции 2014 г. по состоянию на 1 января 2000 г. Для определения цен в текущем уровне были использованы средневзвешенные индексы изменения сметной стоимости на II квартал 2018 г. [10], опубликованные на официальном сайте Министерства строительства РК.

При составлении локальных смет были применены повышающие коэффициенты на работы по капитальному ремонту, которые учитывают усложняющие факторы и условия производства таких работ. Выполняемые при капитальном ремонте работы, аналогичные технологическим процессам в новом строительстве, следует нормировать с применением коэффициентов 1,15 к нормам затрат труда и 1,25 к нормам времени эксплуатации строительных машин.

При расчёте локальных смет были получены следующие показатели для сравнения:

- основная заработная плата;
- эксплуатация машин и механизмов, в т. ч. зарплата машинистов;
- материальные затраты;
- накладные расходы;
- сметная прибыль;
- итого в текущих ценах с НДС;
- цена конструкции за 1 м^2 ;
- затраты труда рабочих, не занятых обслуживанием машин;
- затраты труда рабочих, обслуживающих машины.

Основными показателями для выбора наиболее эффективного варианта по экономическим данным являются цена конструкции за 1 м^2 и общая стоимость монтажа. Данные показатели раскрывают общую картину затрат, необходимых для устройства навесных вентилируемых систем, а отдельные статьи прямых затрат играют важную, но не решающую роль в выборе.

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

Расчётные показатели	Варианты конструкций утепления стен				
	1	2	3	4	5
Технические показатели					
Сопротивление конструкции теплопередаче, °С/Вт	3,31	3,67	3,54	3,39	3,54
Потери тепла за отопительный сезон, Гкал/о. и.	14,28	13,02	13,44	13,86	13,44
Толщина конструкции, мм	314	312,5	314	294	270
Масса 1 м ² конструкции, кг	12,86	16,74	12,99	15,01	10,85
Технологические показатели					
Проектная трудоёмкость на весь объём работ, чел.-ч	178,5	175	129	113,5	100
Общая продолжительность, ч	54	62	42	42	41
Проектная трудоёмкость на 1 м ² , чел.-ч/м ²	3,06	2,56	2,21	1,94	1,71
Часовая выработка на принятый состав звена или бригады, м ² /ч	1,08	0,94	1,39	1,39	1,42
Проектная выработка на одного рабочего в час, м ² /чел.-ч	0,33	0,39	0,45	0,51	0,58
Экономические показатели					
Основная зарплата	155 255.21	168 036.73	219 565.08	167 208.13	141 064.86
Эксплуатация машин	11 642.92	12 014.85	9 360.70	25 810.95	10 505.71
В т. ч. зарплата машинистов	1 638.24	1 502.92	1 580.95	12 910.58	1 638.24
Накладные расходы	174 919.92	196 145.95	247 129.30	198 438.44	139 392.47
Сметная прибыль	110 809.75	112 572.99	135 726.71	127 328.83	91 018.75
Итого в текущих ценах с НДС	1 113 261.14	1 116 165.27	1 772 377.75	1 143 888.06	954 875.38
Цена за 1 м ²	2 650.62	2 657.54	4 219.95	2 723.54	2 273.51
Затраты труда рабочих, не занятых обслуживанием машин	994.12	1079.17	1223.14	817.57	899.88
Затраты труда рабочих, обслуживающих машины	4.87	4.24	5.46	28.18	3.00

В рамках предварительного анализа абсолютного лидера по техническим показателям выявить не удалось. Лучшим вариантом по теплотехническим характеристикам стал навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением утеплителя из каменной ваты и облицовки вагонкой. По остальным параметрам лидером стал пятый вариант — конструкция с применением напыляемого пенополиуретанового утеплителя и облицовки из

профилированного листа. Конструкция навесного вентилируемого фасада по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Polinor» и облицовки профилированным листом имеет самую низкую массу, при этом являясь самой тонкой. Этот же вариант конструкции является наиболее эффективным по технологическим показателям и требует минимальных денежных вложений.

4. Обсуждение и заключение

Если учитывать, что при подборе утеплителя выбирались варианты с наименьшей толщиной, то по теплопередаче все варианты, кроме проектного, превысили требуемые показатели. Для напыляемых утеплителей это даёт возможность увеличить толщину слоя утепления и тем самым ещё повысить сопротивление теплопередаче, что в дальнейшем позволит сэкономить на затратах на отопление.

Очевидно, что самым «тёплым» вариантом оказался навесной вентилируемый фасад с применением каменной ваты и облицовки вагонкой, его сопротивление теплопередаче составило 3,67 °C/Вт. Но при этом данный вариант и самый тяжёлый за счёт выбора облицовочного материала: вес 1 м² конструкции составляет 16,74 кг.

Наиболее тонким вариантом конструкции стены является навесной вентилируемый фасад с применением напыляемого утеплителя «Polinor» и облицовки профлистом, его толщина 270 мм. Также этот вариант выигрывает в весе конструкции — всего 10,85 кг, что является самым лёгким вариантом конструкции.

Одним из эффективных вариантов является навесной вентилируемый фасад с жёсткими теплоизоляционными плитами и облицовкой виниловым сайдингом. Он обладает достаточно высоким сопротивлением теплопередаче на фоне остальных и является достаточно лёгким. Вес 1 м² конструкции фасада составил 12,99 кг. Однако толщина конструкции стены самая большая — 314 мм.

Навесной вентилируемый фасад с применением напыляемого утеплителя «Эковата» и облицовки металлическим сайдингом выигрывает по сопротивлению теплопередаче, только по отношению к проектному варианту. В то же время данный вариант имеет небольшую общую толщину конструкции стены с учётом фасадной системы, которая составляет 294 мм. В связи с достаточно большой плотностью материала утепления эковата также проигрывает в массе конструкции навесного фасада на один 1 м², которая составляет 15,01 кг.

Аутсайдером оказался проектный вариант технического решения. Сопротивление конструкции теплопередаче соответствует требуемым показателям, но не превышает его. В то же время это один из более массивных вариантов по толщине — 314 мм. По весу конструкции навесного вентилируемого фасада это один из лёгких вариантов за счёт применения утеплителя низкой плотности. Вес 1 м² фасада составляет 12,86 кг. Проектный вариант не имеет запаса по теплоизоляционным параметрам, что снижает возможности собственников жилья существенно снизить затраты на отопление здания.

Абсолютным лидером по технологическим показателям стал пятый вариант. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Polinor» и облицовки профилированным листом имеет самые низкие показатели по трудоёмкости (100 чел.-ч) и продолжительности (41 ч на рассматриваемую захватку). У данного варианта самая высокая выработка на одного рабочего в час ($0,58 \text{ м}^2/\text{чел.-ч}$) и самая низкая трудоёмкость на 1 м^2 ($1,71 \text{ чел.-ч}/\text{м}^2$). На полученные данные, безусловно, повлиял выбор материала утепления, что и отразилось на результатах. Выбранный вариант утепления не требует устройства обрешётки и ветро-влагозащитного слоя, а также технологически прост в монтаже.

Третий и четвёртый варианты имеют идентичную продолжительность работ на захватке — 42 ч. Вариант с навесным вентилируемым фасадом по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Эковата» и облицовки металлическим сайдингом выигрывает по общей трудоёмкости на весь объём работ, что составляет 113,5 чел.-ч. Низкие показатели по трудоёмкости достигаются благодаря технологии нанесения утеплителя и высокой степени механизации работ за счёт применения специального выдувного оборудования.

Кроме того, неплохие показатели были выявлены у варианта с навесным вентилируемым фасадом по металлическому каркасу с применением жёстких теплоизоляционных плит и облицовки виниловым сайдингом. Данный вариант проигрывает по общей трудоёмкости, которая составляет 129 чел.-ч. Металлический каркас прост в монтаже, что отражается на продолжительности в лучшую сторону, но установка плит теплоизоляции требует больше времени при производстве работ. Также данный вариант показал хорошие показатели по часовой выработке в сравнении с остальными вариантами. В оставшихся показателях навесной вентилируемый фасад по металлическому каркасу с применением жёстких теплоизоляционных плит и облицовки виниловым сайдингом занимает средние позиции.

Самым продолжительным по срокам производства работ вариантом оказался навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением утеплителя из каменной ваты и облицовки вагонкой. Продолжительность работ на рассматриваемой захватке составляет 62 ч. Трудозатраты на объём работ составляют 175 чел.-ч. Это связано с технологическими особенностями. Продолжительность работ увеличилась из-за технологических перерывов в период покраски фасада. Работы по покраске фасада повлияли на трудоёмкость в сторону увеличения. Данный вариант не требует крепления плит утеплителя к стене, благодаря упругости материала. Материал утепления достаточно уложить между обрешёткой. Однако это не сказалось на трудоёмкости за счёт высокой трудоёмкости работ по обшивке фасада вагонкой.

Аутсайдером по всем технологическим показателям стал проектный вариант решения. Навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением утеплителя из стекловаты и облицовки металлическим сайдингом имеет самые высокие показатели по трудоёмкости на весь объём работ (178,5 чел.-ч) и средние — по продолжительности (54 ч на рассматриваемую захватку). Остальные показатели также имеют худшие значения

в сравнении с остальными вариантами. Данный вариант имеет самый большой объём деревянного каркаса, что непосредственно влияет на материалоёмкость и трудоёмкость. Также материал утепления мягкий и неплотный, что требует дополнительного закрепления его дюбелями к стене.

На данном этапе можно выделить абсолютного лидера — навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Polinog» и облицовки из профилированного листа. При этом остальные варианты имеют удовлетворительные показатели, что не лишает возможности их применения. Сравнение только технических и технологических параметров для выявления наиболее эффективного варианта недостаточно, поэтому было выполнено дополнительное исследование экономических показателей.

Лидером по экономическим показателям стал пятый вариант. Устройство навесного вентилируемого фасада по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Polinog» и облицовки профилированным листом выигрывает почти по всем статьям прямых затрат. Основным показателем является цена за 1 м^2 конструкции, она получилась самой низкой среди соперников — 2273,51 руб. Выбранный вариант типа утеплителя помог отказаться от устройства ветро-влагозащитной мембраны и установить деревянный каркас с меньшим шагом, что, безусловно, отразилось на материальных затратах, которые составили 425 596,41 руб. В целом стоимость устройства утепления и облицовки фасада здания для данного варианта составила 954 875,38 руб.

Однако хорошие результаты по стоимости работ показал и проектный вариант. Стоимость 1 м^2 конструкции составляет 2650,52 руб. Учитывая, что в данном варианте требуется большое количество материала для устройства обрешётки и утепления, материальные затраты не намного превышают лидирующие позиции — 490 813,84 руб.

Второй вариант показал примерно равные показатели с проектным решением. Стоимость 1 м^2 конструкции составляет 2657,54 руб., что практически не отличается от проектного варианта. Общая стоимость работ составила 1 116 165,27 руб. Полученные результаты можно обосновать тем, что конструктивные решения этих вариантов не имеют существенных отличий.

Достаточно хорошие результаты показал вариант навесного вентилируемого фасада по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Эковата» и облицовки металлическим сайдингом. Стоимость 1 м^2 конструкции составила 2650,52 руб. При этом получились самые высокие значения по стоимости эксплуатации машин (25 810,95 руб.) и заработной платы машинистов (12 910,58 руб.). Такие результаты можно объяснить высокой механоёмкостью технологии утепления «Эковатой» и потребностью в дополнительном оборудовании, эксплуатация которого существенно повышает стоимость работы машин и механизмов. В целом стоимость устройства фасадной конструкции по данному варианту составляет 1 143 888,06 руб.

Аутсайдером практически по всем показателям стал третий вариант — навесной вентилируемый фасад по металлическому каркасу с применением жёстких

теплоизоляционных плит и облицовки виниловым сайдингом. Стоимость 1 м² конструкции составила 4219,95 руб. и является самой высокой. Общая стоимость работ составляет 1 772 377,75 руб. Данный вариант выигрывает только по стоимости эксплуатации машин и механизмов, которая составляет 9360,70 руб.

На основе вышеизложенного можно сделать вывод, что наиболее эффективным вариантом при технико-экономическом сравнении является пятый вариант — навесной вентилируемый фасад по деревянной обрешётке с применением напыляемого утеплителя «Polinor» и облицовкой профилированным листом. Проектное конструктивное решение является целесообразным только с точки зрения низкой стоимости. Из рассмотренных при сравнении решений можно выделить варианты, которые позволяют осуществить утепление и облицовку стен более быстро по времени и сделать их наиболее тёплыми. Данный теплоизоляционный материал менее известен на строительном рынке в силу своей «молодости», но имеет определённые положительные перспективы использования в условиях Республики Карелия.

Список литературы

1. Korniyenko S. V. Renovation of Residential Buildings of the First Mass Series // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018. Т. 463, № 2. С. 022—060.
2. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий [Электронный ресурс]. Введ. 1987-07-01 Академией коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова Минжилкомхоза РСФСР. М., 1987 // Техэксперт: проф. справ. система / АО «Кодекс». Электрон. дан. [Петрозаводск], сор. 2012—2020. URL: <http://docs.cntd.ru/document/121651316>, по договору.
3. Вытчиков Ю. С., Беляков И. Г., Нохрина Е. Н. Утепление фасадов зданий при капитальном ремонте существующего жилого фонда Самарской области // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. Вып. 3 (16). С. 103—110.
4. Григоренко К. А., Петренева О. В. Энергосберегающие технологии при реконструкции домов массовых серий // Наука, образование и культура. 2017. Т. 2. № 5 (20).
5. Емельянова Е. Г., Кузьменков А. А. Выбор экономически обоснованного варианта повышения тепловой защиты ограждающих конструкций стен при капитальном ремонте жилых зданий типовых серий в районах Крайнего Севера // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: Сборник статей научно-практической конференции (23—25 сент. 2019 г.) / ПетрГУ. Петрозаводск: Петропресс, 2019. С. 12—18.
6. Емельянова Е. Г., Кузьменков А. А. Сравнение технологий усиления тепловой защиты при капитальном ремонте жилых зданий (на примере ограждающих конструкций стен из кирпича) // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: Сборник статей научно-практической конференции (23—25 сент. 2019 г.) / ПетрГУ. Петрозаводск: Петропресс, 2019. С. 96—103.
7. Кузьменков А. А., Беляева А. С. Сравнение технологий устройства фасадных систем многоэтажных жилых зданий для условий Республики Карелия // Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: Сборник статей научно-практической конференции (23 ноября 2018 г.) / ПетрГУ. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2018. С. 26—35.
8. Кузьменков А. А. Сравнение технологий утепления ограждающих конструкций при капитальном ремонте жилых зданий в Республике Карелия // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: Сборник статей

- научно-практической конференции (23—25 сент. 2019 г.) / ПетрГУ. Петрозаводск: Петропресс, 2019. С. 22—28.
9. Куколев М. И., Попова Е. Е. Повышение энергоэффективности домов с помощью навесных вентилируемых фасадов // Ростовский научный журнал. 2017.
 10. Об индексах на II квартал 2018 г.: Распоряжение Министерства строительства, жилищно-коммунального хозяйства и энергетики РК от 3 апр. 2018 г. № 4 // Официальный сайт Министерства строительства Республики Карелия [Электронный ресурс] / Министерство строительства РК. Электрон. дан. [Карелия], сор. 2017. URL: http://xn--h1acdfggnckfkn--p1ai/files/RCCS/TSNB_2014/Index/2018/indeksy_2-2018.pdf.
 11. Разработка проектной документации на капитальный ремонт общего имущества многоквартирного жилого дома, расположенного по адресу: РК, г. Петрозаводск, ул. Виданская, д. 15а / ООО «АЛЬФА СТРОЙ». Петрозаводск, 2016. Раздел 1: Пояснительная записка 16/05-01/4-ПЗ. Инв. № 30098.
 12. Разработка проектной документации на капитальный ремонт общего имущества многоквартирного жилого дома, расположенного по адресу: РК, г. Петрозаводск, ул. Виданская, д. 15а / ООО «АЛЬФА СТРОЙ». Петрозаводск, 2016. Раздел 1: Проектная документация 16/05-01/4-АС. Инв. № 30098.
 13. СП 50.13330.2014 Тепловая защита зданий [Электронный ресурс]: Актуализир. ред. СНиП 23-02-2003. Взамен СНиП 23-02-2003; введ. 2013-07-01 / М-во регион. развития Рос. Федерации. Москва, 2013 // Техэксперт: проф. справ. система / АО «Кодекс». Электрон. дан. [Петрозаводск], сор. 2012—2020. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111826>, по договору.
 14. ТЕР 2001 Территориальные единичные расценки на строительные и специальные строительные работы / Министерство строительства Республики Карелия [Электронный ресурс]. Электрон. дан. URL: http://xn--h1acdfggnckfkn--deyatelnost/stroitelstvo/cenoobrazovanie/tsnb/tsnb2001_redakciya_2014_rk/.

References

1. Korniyenko S. V. Renovation of Residential Buildings of the First Mass Series // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2018. Т. 463, № 2. Pp. 022—060.
2. VSN 53-86(r) Pravila ocenki fizicheskogo iznosa zhilyh zdaniy [Elektronnyj resurs]. Vved. 1987-07-01 / Akademiej kommunal'nogo hozyajstva im. K. D. Pamfilova Minzhilkomhoza RSFSR. Moskva, 1987 // Tekhekspert: prof. sprav. sistema / АО «Кодекс». Elektron. dan. [Petrozavodsk], sor. 2012—2020. URL: <http://docs.cntd.ru/document/121651316>, po dogovoru.
3. Vytchikov Yu. S., Belyakov I. G., Nohrina E. N. Uteplenie fasadov zdaniy pri kapital'nom remonte sushchestvuyushchego zhilogo fonda Samarskoj oblasti // Vestnik SGASU. Gradostroitel'stvo i arhitektura. 2014. Vyp. 3 (16). Pp. 103—110.
4. Grigorenko K. A., Petreneva O. V. Energosberegayushchie tekhnologii pri rekonstrukcii domov massovyh serij // Nauka, obrazovanie i kul'tura. 2017. Т. 2, № 5 (20).
5. Emel'yanova E. G., Kuz'menkov A. A. Vybór ekonomicheskí obosnovannogo varianta povysheniya teplovoj zashchity ograzhdayushchih konstrukcij sten pri kapital'nom remonte zhilyh zdaniy tipovyh serij v rajonah Krajnego Severa // Derevyannoe maloetazhnoe domostroenie: ekonomika, arhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii: sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23—25 sentyabrya 2019 g.) / PetrGU. Petrozavodsk: Petropress, 2019. Pp. 12—18.
6. Emel'yanova E. G., Kuz'menkov A. A. Sravnenie tekhnologij usileniya teplovoj zashchity pri kapital'nom remonte zhilyh zdaniy (na primere ograzhdayushchih konstrukcij sten ih kirpicha) // Derevyannoe maloetazhnoe domostroenie: ekonomika, arhitektura i resursosberegayushchie

tehnologii: Sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23—25 sentyabrya 2019 g.) / PetrGU. Petrozavodsk: Petropress, 2019. Pp. 96—103.

7. *Kuz'menkov A. A., Belyaeva A. S.* Sravnenie tekhnologij ustrojstva fasadnyh sistem mnogoetazhnyh zhilyh zdaniy dlya uslovij Respubliki Kareliya // Resursosberegayushchie tekhnologii, materialy i konstrukcii: Sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23 noyabrya 2018 g.) / PetrGU. Petrozavodsk: Izd-vo PetrGU, 2018. Pp. 26—35.
8. *Kuz'menkov A. A.* Sravnenie tekhnologij utepleniya ograzhdayushchih konstrukcij pri kapital'nom remonte zhilyh zdaniy v Respublike Kareliya // Derevyannoe maloetazhnoe domostroenie: ekonomika, arhitektura i resursosberegayushchie tekhnologii: Sbornik statej nauchno-prakticheskoy konferencii (23—25 sentyabrya 2019 g.) / PetrGU. Petrozavodsk: Petropress, 2019. Pp. 22—28.
9. *Kukolev M. I., Popova E. E.* Povyshenie energoeffektivnosti domov s pomoshch'yu navesnyh ventiliruemyh fasadov // Rostovskij nauchnyj zhurnal. 2017.
10. Ob indeksah na II kvartal 2018 g.: Rasporyazhenie Ministerstva stroitel'stva, zhilishchno-kommunal'nogo hozyajstva i energetiki RK ot. 3 aprelya 2018 g. № 4 // Oficial'nyj sajt Ministerstva stroitel'stva Respubliki Kareliya [Elektronnyj resurs] / Ministerstvo stroitel'stva RK. Elektron. dan. [Kareliya], sor. 2017. URL: http://xn--hlacdfgncfk.xn--plai/files/RCCS/TSNB_2014/Index/2018/indeksy_2-2018.pdf.
11. Razrabotka proektnoj dokumentacii na kapital'nyj remont obshchego imushchestva mnogokvartirnogo zhilogo doma, raspolozhennogo po adresu: RK, g. Petrozavodsk, ul. Vidanskaya, d. 15a / OOO «AL'FA STROJ». Petrozavodsk, 2016. Razdel 1: Poyasnitel'naya zapiska 16/05-01/4-PZ. Inv. № 30098.
12. Razrabotka proektnoj dokumentacii na kapital'nyj remont obshchego imushchestva mnogokvartirnogo zhilogo doma, raspolozhennogo po adresu: RK, g. Petrozavodsk, ul. Vidanskaya, d. 15a / OOO «AL'FA STROJ». Petrozavodsk, 2016. Razdel 1: Proektnaya dokumentaciya 16/05-01/4-AS. Inv. № 30098.
13. SP 50.13330.2014 Teplovaya zashchita zdaniy [Elektronnyj resurs]: Aktualizir. red. SNIp 23-02-2003. Vzamen SNIp 23-02-2003; vved. 2013-07-01 / M-vo region. razvitiya Ros. Federacii. Moskva, 2013 // Tekhekspert: prof. sprav. sistema / AO «Kodeks». Elektron. dan. [Petrozavodsk], sor. 2012—2020. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200111826>, po dogovoru.
14. TER 2001 Territorial'nye edinichnye rascenki na stroitel'nye i special'nye stroitel'nye raboty / Ministerstvo stroitel'stva Respubliki Kareliya [Elektronnyj resurs]. Elektron. dan. URL: http://xn--hlacdfgncfk/deyatelnost/stroitelstvo/cenoobrazovanie/tsnb/tsnb2001_redakciya_2014_rk/.