

## Структура и материалы ограждающих конструкций

А.Е. Швецов<sup>1\*</sup>, К.А. Плешкова<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье      УДК 502.1

### Аннотация

*Одной из первостепенных задач при строительстве зданий и сооружений является выбор ограждающих конструкций и материалов для их изготовления. Выбранные материалы и структуры ограждающих конструкций влияют на энергоэффективность здания, теплозащиту, долговечность и т.д. Целью данной статьи является решение проблем долговечности используемых материалов и окупаемости таких конструкций в долгосрочной перспективе. Путем анализа научных публикаций было установлено, что использование легких бетонов низкой теплопроводности в качестве утеплителя в многослойных ограждающих конструкциях, является наиболее целесообразным с точки зрения обеспечения высокого сопротивления теплопередаче и одинакового срока службы с конструкционными материалами. В работе показано с экономической стороны, почему на сегодняшний день нельзя отказаться от традиционных строительных материалов. Был предложен метод постепенного снижения энергопотребления здания, путем постепенного снижения показателей удельного расхода тепловой энергии.*

Ключевые слова: гражданское строительство; конструкции; энергоэффективность; термодинамические свойства; теплоизоляция; структурный анализ; свойства материалов; ограждающие конструкции; изоляционные материалы

### Содержание

1. Введение	16
2. Обзор Литературы	16
3. Цель работы	16
4. Виды, определения и назначения ограждающих конструкций	17
5. Оценка проблем, возникающих при использовании многослойных ограждающих конструкций	18
6. Возможные решения проблем недолговечности материалов и их экономической нерентабельности	19
7. Заключение	20

Контактный автор:

- 1\*. +7(999)2323646, shvetsov\_alexander@bk.ru (Швецов Александр Евгеньевич, студент)  
 2. +7(981)7975951, ksenia.pleshkova@e1.ru (Плешкова Ксения Андреевна, студент)

## 1. Введение

В настоящее время происходит интенсивная смена структуры и материалов строительных конструкций с целью повышения энергоэффективности здания, а также улучшения его внешнего облика и прочности. На данный момент накоплен определенный опыт исследования в области технологий строительства ограждающих конструкций и их монтажа, изучены и разработаны методы энергосбережения в возведении зданий промышленного и гражданского применения, выведены основные теплотехнические и эксплуатационные свойства материалов данных конструкций. Но, несмотря на огромный вклад многих специалистов и исследователей данной области, проблема теплоэффективности и долговечности используемых материалов, несомненно, остается актуальной.

Ограждающие конструкции являются важнейшей частью здания, от которой зависит получение требуемого санитарно-гигиенического режима и комфортных условий в помещениях. Поскольку именно создание комфортной и благоприятной среды обитания для человека является основной задачей строительства в целом, возводимые конструкции должны обладать необходимой прочностью, долговечностью и теплостойкостью, удовлетворять общим архитектурно – художественным требованиям и, вместе с тем, быть экономически выгодными в своей реализации.

## 2. Обзор Литературы

Большой вклад в изучение материалов и структур ограждающих конструкций внесли следующие российские и зарубежные исследователи: Перфилов В.А., Лепилов В.И., Федюк Р.С, Кобельков Г.В., Дубинский С.И., Несветаев Г.В., Галямичев А.В., Цветков Д.Н., Рымаров А.Г., Лушин К.И., Park С., Kim N.H., Olmati P., Sagaseta. J., Cormie D., Ameer S. A., Chaudhry H.N., Agha A и др.:

Результаты разработок новых материалов и строительных технологий ограждающих конструкций зданий и сооружений приведены в работах [1, 3, 9, 15-17, 22, 24].

В своей работе Перфилов В.А., Лепилов В.И., Канавец У.В., Зубова М.О. и Лукина И.Г. рассмотрено использование фибробетона в качестве ограждающего элемента с повышенными теплозащитными свойствами конструкций жилого модуля морских платформ[1].

В своей работе Гулябянц Л.А., Лившиц М.И., Медведев С.В. делают акцент на закономерности распределения концентрации радона в грунте в зависимости от ширины и глубины здания[15].

В статье Loss С и Davison В. дана комплексная оценка использования инновационного материала сталь-древесина в строительстве многоэтажных жилых зданий. Исследование демонстрирует потенциал этих конструктивных систем, их несущей способности и способа строительства[24].

Вопросы теплоэффективности ограждающих конструкций, а также методы внедрения в них энергоресурсосберегающих технологий рассмотрены в работах [2, 5, 6, 8, 12, 14, 18-20, 23, 27, 28].

В статье Туленковой А.С. и Кобелькова Г.В. рассмотрены основные подходы к энергосбережению в строительстве зданий гражданского и промышленного применения на основе теплоизоляции ограждающих конструкций[2].

В статье Парута В.А. и Брынзин Е.В. делают основной акцент на сравнительный анализ характеристик материалов, используемых в однослойных и многослойных ограждающих конструкциях[8].

В работе рассмотрены вопросы анализа теплового режима здания с массивными ограждающими конструкциями с учетом особенностей эксплуатации в холодный период года[18].

Zhou S. и Zhao J. в своей статье проанализировали новый метод повышения энергоэффективности ограждающих конструкций на основе исследования толщины и материала утеплителя[23].

В работах приводятся примеры строительных норм и сводов правил, применяемых при проектировании ограждающих строительных конструкций, а также сравнительные характеристики и классификации данных нормативных значений [4, 7, 10, 11, 13, 21, 25, 26, 29, 30].

В источнике приведено сравнение теплотехнических характеристик вакуумных панелей различных производителей с нормативными значениями[10].

В своей работе Афоньшин С.А. и Кочева Е.А. рассматривают методы реконструкции ограждающих конструкций, соответствующие конструктивным требованиям[11].

Зарубежные авторы Park С. и Kim N.H. отмечают, что безопасность строительства и эксплуатации зданий и сооружений во многом зависит от подробных расчётов, соответствующих определенным требованиям[21].

Однако, несмотря на большой объем исследований, посвященных данной теме, до настоящего времени не были рассмотрены основные тенденции совершенствования ограждающих строительных конструкций.

## 3. Цель работы

Целью исследования является рассмотрение различных материалов и структур ограждающих конструкций и наиболее рациональные варианты их применения.

#### 4. Виды, определения и назначения ограждающих конструкций

Ограждающие конструкции - конструкции, разделяющие пространства внутри здания на отдельные объемы или ограждающие внутренний объем здания от внешней среды. Основное назначение - защита (ограждение) помещений от температурных воздействий, ветра, влаги, шума, радиации и т.п., в чём состоит их отличие от несущих конструкций, воспринимающих силовые нагрузки; это отличие условно, т.к. часто ограждающие и несущие функции совмещаются в одной конструкции (стены, перегородки, плиты перекрытий и др.).

Ограждающие конструкции разделяют на:

- Внешние (или наружные)
- Внутренние

Внешние служат главным образом для защиты от атмосферных воздействий. В современном мире предъявляются повышенные требования к теплоизоляционным свойствам материалов, входящих в состав ограждающих конструкций зданий и сооружений. Это необходимо для повышения качества внутреннего воздуха, снижению расходов тепловой и электрической энергий, а также улучшения экологической обстановки в целом. Поэтому постоянно проводится работа по разработке новых технологий производства строительных материалов и изделий с повышенными теплофизическими характеристиками. В настоящее время выпускается много различных облегченных строительных материалов с повышенными теплозащитными свойствами. Однако у таких изделий есть один основной недостаток: значительные потери тепла из-за конвекции в воздушных прослойках. Для снижения воздействия на систему теплоснабжения необходима оптимизация конструкций с точки зрения энергоэффективности и теплозащиты, которая осуществима только при использовании слоистых ограждающих конструкций с применением эффективного материала в качестве утеплителя.

Задача внутренних конструкций – это не только деление пространства по зонам, но и выступать в качестве звукоизоляции. Например, звукопоглощающие панели на стенах в студиях аудиозаписи. Также стены из кирпича могут аккумулировать тепло.

По способу изготовления различают:

- Сборные (монтируются из готовых элементов заводского изготовления)
- Возводимые на месте строительства

В последнем случае для кирпичных, бетонных и железобетонных применяют термин «монолитные». За последнее время построено большое количество жилых домов и нежилых зданий разной этажности, комфортности и архитектуры. Практика проектирования и строительства этих сооружений, базирующаяся на каркасах из сборных конструкций и на каркасе из монолитного железобетона, что позволяет выявить преимущества и недостатки при массовом строительстве каждой из конструктивных систем. Конструкция каркаса монолитного здания состоит из монолитных дисков перекрытий и монолитных вертикальных несущих конструкций: колонн, диафрагм жесткости, шахт лифтов и лестничных клеток. При возведении многоэтажных каркасных зданий из монолитного железобетона одним из самых сложных этапов является строительство вертикальных несущих конструкций и лестничных маршей с площадками.

Говоря о строительстве зданий с применением монолитных конструкций стоит отметить, что их качество ниже чем у сборных конструкций, которые имеют систему заводского контроля качества. Несмотря на это, технология монолитного строительства в наши дни является наиболее распространенным методом строительства, согласно которому конструкции здания отливаются из армированного бетона непосредственно на строительной площадке. С помощью этого метода можно возводить здания каркасного и бескаркасного типов, т. е. с несущими железобетонными стенами. Масса таких зданий относительно, например, кирпичных, уменьшается на 15—20%, из-за чего материалоемкость фундаментов может быть снижена. Монолитная технология строительства обеспечивает повышенную надежность, долговечность, прочность, огнестойкость и сейсмостойкость зданий. Также стоит добавить, что это обеспечивает практически неограниченные возможности для создания любых архитектурных решений, планировок, различных архитектурных форм и т. д. Другими словами, этот метод строительства отвечает практически всем предъявляемым к конструкциям зданий инженерным требованиям, и не ограничивает возможности архитектурно-планировочных решений. Однако кроме перечисленных положительных качеств у этого метода строительства есть и недостатки. Монолитная технология строительства требует больших трудозатрат, т.е. для выполнения строительных работ требуется большое количество квалифицированных рабочих и инженерных кадров.

Избежать подобного рода проблем можно с помощью использования технологий строительства из сборных конструкций. Практика строительства с помощью сборных конструкций привела к внедрению объемно-блочного домостроения. Сборка зданий выполняется из изготовленных и оборудованных в заводских условиях объемных элементов. Различают блоки трех типов: стакан, колпак, лежащий стакан. При возведении зданий из таких блоков сильно упрощаются операции по выверке и монтажу. Объемные блоки могут устанавливаться через ячейку, а зазоры между ними заполняются плоскими стеновыми панелями. Очевидно, что такая технология значительно ускоряет строительство. Трудозатраты и стоимость при использовании данного метода тоже значительно меньше, чем при приведенных выше видах строительства. Однако у этого метода имеются весьма значительные недостатки: полностью отсутствует возможность выбора планировок, архитектура и формы таких зданий однообразны и невыразительны. Размеры объемных блоков зависят от дорожных

габаритов на данной территории. Максимальная ширина блоков не может превышать 2,5 метров, и соответственно расстояние между соседними стенами в зданиях зависит от этих размеров. Также размеры блоков зависят от грузоподъемности транспортных средств и подъемного оборудования, так как масса объемных блоков может быть весьма значительной.

В зависимости от конструктивного решения подразделяют на:

- Простые (“однослойные”)
- Комплексные (“многослойные”)

Стены являются одним из основных конструктивных элементов любого здания или сооружения. Они не только изолируют помещения от внешней среды, но и подвергаются сильным внутренним и внешним воздействиям. Поэтому современные стеновые конструкции должны обладать прочностью, стойкостью против воздействия атмосферы, иметь требуемые тепло-, воздухо- и звукоизоляционные параметры, быть огнестойкими, иметь долгий срок службы, а также обеспечивать экономическую рентабельность проекта. Выбор конструкции стен является одним из важнейших вопросов проектирования. Как показывает анализ развития конструктивных элементов, которые одновременно выполняют функции несущих и ограждающих конструкций, их максимальная эффективность достигается в том случае, когда конструкции являются многослойными. Применительно к элементам стен объектов недвижимости можно сказать, что наиболее эффективными являются трехслойные конструктивные решения. Выделяют два вида таких решений: в первом случае изолирующий слой расположен между несущих слоев; во втором – несущий слой находится между изолирующих слоев. Второе решение проще в изготовлении, однако, менее эффективно, так как требует дополнительных затрат на защиту изолирующих слоев от различных воздействий, в том числе и механических. Системы трехслойных наружных стен из камней, блоков и железобетонных панелей с теплоизоляцией в качестве среднего слоя применяются для зданий различного назначения в новых проектах и при реконструкции, и могут представлять собой несущую, ненесущую или самонесущую ограждающую конструкцию. В качестве современного материала стоит обратить внимание на сэндвич-панели, которые появились на рынке не так давно, но уже успели себя зарекомендовать как надежный строительный материал. Сэндвич-панели – это крупноразмерные конструкции в виде двух листов стали между которыми находится слой теплоизоляции, выполненный из современных, высокоэффективных теплоизоляционных материалов: минеральной ваты на основе базальтового волокна или пенополистирола самозатухающих марок. Для перегородок внутри зданий часто используются однослойные сборные конструкции. Обусловлено это экономической составляющей проекта.

## 5. Оценка проблем, возникающих при использовании многослойных ограждающих конструкций

Строительство и, в частности, строительство высотных зданий - неотъемлемая ступень развития современного города. Индустрия высотного строительства быстро растет в наши дни, в основном из-за нехватки места под застройку, а также из чисто эстетических соображений. Высотные здания придают современному городу монументальность и грандиозность. Хотя важнейшей составляющей здания являются несущие конструкции, принимающие на себя основные нагрузки, внешний облик и объем здания создают ограждающие конструкции. Фасады высотных зданий имеют отличные от других сооружений конструкции, и к ним предъявляются дополнительные требования, которые особенно важно учитывать при строительстве в нашей страны из-за особенностей климата. Высотное строительство в России, и, в частности, в Санкт-Петербурге, начало развиваться сравнительно недавно, поэтому проблема выбора фасадов особенно актуальна в наши дни. Возводимые наружные ограждающие конструкции должны отвечать требованиям по обеспечению прочности, устойчивости, деформативности, трещиностойкости, огнестойкости, достаточной освещенности помещений, теплозащиты и энергоэффективности здания.

На данный момент в РФ предъявляются высокие требования к энергоэффективности и теплозащите зданий, это привело к использованию новых типов многослойных ограждающих конструкций с применением эффективных, с точки зрения высоких теплозащитных свойств, но имеющих значительно меньший срок службы по сравнению с конструктивными материалами. Кроме того, за время, которое материалы находятся в эксплуатации, физико-механические свойства их значительно снижаются, что приводит либо к необходимости неоднократной замены утеплителя, либо, если ремонт невозможен, к полной замене ограждающей конструкции в процессе эксплуатации в течение всего жизненного цикла этой конструкции.

Благодаря научным исследованиям, на смену традиционным строительным материалам пришли эффективные теплоизоляционные материалы (в основном, минеральная и стеклянная вата, экструдированный и блочный пенополистирол), долговечность которых в условиях эксплуатации в большинстве климатических районов нашей страны подвергается сомнению. Этот вывод основывается, в основном, на многолетней практике использования теплоизоляционных материалов в энергетике (теплоизоляция трубопроводов горячей воды).

Почему проблемы долговечности материалов, используемых в ограждающих конструкциях, так сильно актуальны в настоящее время? В основном из-за экономии энергоресурсов. Дело в том, что считая экономические последствия применения различных материалов в ограждающих конструкциях, принято считать

только эксплуатационные затраты. И в таком случае, безусловно, чем выше уровень теплозащиты ограждающих конструкций, тем эксплуатационные затраты ниже. Однако, стоит заметить, что в настоящее время не существует методик расчета амортизационных издержек на проведение вынужденных ремонтов фасадов зданий с различными типами стеновых конструкций. А это достаточно большие затраты..

Предположим, что каждые 20÷30 лет требуется проводить полноценный ремонт несущих конструкций (стен), демонтаж и последующий за ним вторичный монтаж фасадных строений, то сохраненные в итоге денежные средства, наиболее вероятным образом будут использованы для организации работ по реконструкции ограждающих сооружений. А работы, в сущности, закладывают в себя не что иное, как расходы энергии: на изготовление новых материалов, на экспорт их к объекту, поддержание рабочего состояния строительной техники и т.д. Если принять во внимание желательность последующей переработки полимерного сырья, которое выступало в качестве утеплителя, содержащего токсичные для экологической обстановки вещества, то меньшая затрата энергии от использования энергоэффективных, но не долговременных материалов может прийти в отрицательное значение, то есть стать убыточной. На данный момент сами изготовители не в состоянии назвать достоверный ответ на вопрос, каким образом и в какое место можно безопасно эксплуатировать продукцию их производства и как дорого им это обойдется.

Таким образом, срок службы строительных материалов, используемых в многослойных ограждающих конструкциях, должен обеспечивать не только энергоэффективность здания, но и экономическую эффективность, достигаемую посредством сокращением теплопотерь и сокращением затрат на проведение последующих капитальных ремонтов этих конструкций.

Экономический анализ текущей ситуации на рынке теплоизоляционных материалов и стоимости работ по возведению ограждающих конструкций с их использованием показывает, что при долговечности материалов и конструкций меньше 50 лет затраты на ремонт многослойных ограждающих конструкций (демонтаж стеновой конструкции, утилизация утеплителя и последующая его замена, обратный монтаж креплений и фасадных элементов) превышают ожидаемую экономию средств от снижения расходов на отопление при эксплуатации.

Также стоит отметить, что производители строительных материалов не несут ответственности за установленный ими срок службы выпускаемых материалов, строители, в свою очередь, несут ответственность в течение довольно короткого периода времени с момента ввода здания в эксплуатацию (не более 5 лет). Это значит, что все расходы, связанные с капитальным ремонтом наружных ограждающих конструкций, ложатся в полном объеме на владельцев здания и/или государство.

При этом следует добавить, что требования к сроку службы ограждающих конструкций требуется строго соблюдать в отношении жилых зданий. Что касается строительства крупных торговых центров, складов, автосалонов и крытых автомобильных стоянок, производственных цехов и помещений, и подобных им зданий и сооружений, то для них срок службы в 50 лет и выше обычно не является экономическим условием их возведения и эксплуатации, поэтому вышеперечисленные требования к обеспечению минимально допустимого срока службы материалов, используемых в качестве утеплителя, и конструкций, включающих в себя такие материалы, для перечисленных выше зданий могут быть необязательными.

Таким образом, можно выделить основные проблемы:

- Относительно короткий срок службы материалов, используемых в качестве утеплителя в многослойных ограждающих конструкциях
- Экономическая нерентабельность долгосрочной эксплуатации зданий с многослойными ограждающими конструкциями

## 6. Возможные решения проблем недолговечности материалов и их экономической нерентабельности

Одним из решений проблемы малого срока службы материалов, используемых в качестве утеплителя в многослойных ограждающих конструкциях, является использование легких бетонов низкой теплопроводности в качестве слоя теплоизоляции, обеспечивающих как высокое сопротивление теплопередачи, так и одинаковый срок службы с конструкционными материалами. Особое внимание надо уделять качеству применяемых в ограждающих конструкциях теплоизолирующих материалов и качеству монтажных работ при их возведении.

Довольно сложным оказывается и вопрос экономического обоснования выбора ограждающих стеновых конструкций и утеплителя. Этому причиной является высокая стоимость теплоизоляционных материалов в нашей стране, а в случае пользования услугами банков - высокий уровень ставки рефинансирования. Поэтому период окупаемости средств на дополнительное утепление стеновых ограждающих конструкций зачастую превышает прогнозируемый срок службы самих материалов.

Это показывает, что на сегодняшний день нельзя полностью отказываться от использования в строительстве традиционных строительных материалов. По крайней мере, до тех пор, пока современные многослойные системы утепления фасадов не подтвердят на практике свою пользу в вопросе обеспечения требуемого срока службы (эксплуатационного срока службы).

В дальнейшем с целью поэтапного снижения тепловых потерь зданий и сооружений, необходимо постепенно (например, раз в шесть лет), по мере внедрения энергосберегающих мероприятий и анализа

результатов их состоятельности в реальных условиях эксплуатации, снижать нормируемые показатели удельного расхода тепловой энергии.

Таковыми способами представляется возможным решить данные проблемы в нашей стране. Со временем накопиться определенный опыт эксплуатации зданий с высоким уровнем теплозащиты ограждающих конструкций. Станет ясно, какие ограждающие конструкции и в каких климатических регионах применять действительно эффективно и экономически обоснованно, а от каких следует отказаться.

## 7. Заключение

Несмотря на технический прогресс и высокий уровень технологий остаются острыми проблемы недолговечности материалов, используемых в ограждающих конструкциях и экономической нерентабельности последних в долгосрочной перспективе.

Для ограждающих конструкций, имеющих в своей структуре слой утеплителя, предлагается использовать легкие бетоны низкой теплопроводности в качестве заполнителя этого слоя. Он сможет обеспечить в равной степени хорошую теплоизоляцию и длительный срок службы, сравнимый с другими конструкционными материалами. Особое внимание стоит уделить качеству применяемого бетона и монтажным работам, чтобы продлить срок службы конструкции и исключить необходимость скорого ремонта.

Достаточно сложным является и экономический вопрос. Из-за короткого срока службы материалов, используемых в качестве утеплителя, необходим ремонт фасадов, который включает в себя демонтаж ограждающих конструкций, замену утеплителя и обратный монтаж. Ремонт ограждающих конструкций происходит, как правило, уже после окончания срока гарантийного обслуживания здания. Это значит, что все затраты ложатся на собственника здания. Как показывает практика, затраты на ремонт конструкций практически всегда превышают сумму, сэкономленную при использовании наиболее энергоэффективных материалов. Также стоит учесть, что на российском рынке цена энергоэффективных материалов довольно высока. Из этого следует вывод, что на настоящий момент нельзя полностью перейти на энергоэффективные материалы, ввиду больших затрат на их приобретение и последующие обслуживание таких конструкций.

Также, повышению энергоэффективности здания может помочь постепенное снижение показателей удельного расхода тепловой энергии по мере внедрения энергосберегающих мероприятий.

Таким образом, в настоящее время невозможно полностью перейти к использованию энергоэффективных материалов в ограждающих конструкциях различных структур. Но по мере накопления опыта и развития технологий можно постепенно повышать энергоэффективность зданий.

## Благодарности

Автор выражает признательность научному консультанту Л.И. Чумадовой, к.т.н., доц. за оказанную помощь при проведении данного исследования и написании настоящей статьи.

### Литература

- [1]. Перфилов В.А., Лепилов В.И., Канавец У.В., Зубова М.О., Лукина И.Г. Ограждающие элементы с повышенными теплозащитными свойствами в конструкциях жилого модуля морских нефтегазовых платформ // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2013 № 2 (27). С. 15.
- [2]. Туленкова А.С., Кобельков Г.В. Ограждающие конструкции как пример энергосберегающих технологий в капитальном ремонте // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2013. Т.2. № 71. С. 232-236.
- [3]. Федюк Р.С. Монолитные железобетонные ограждающие конструкции с применением несъемной опалубки из пенополистирола // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 10 (81). С. 185-190.
- [4]. Дубинский С.И., Болотов П.Е. Давление воздуха на наружные ограждающие конструкции // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2013. № 6 (138). С. 82-85.
- [5]. Несветаев Г.В. Рациональные ограждающие конструкции жилых зданий как вклад в обеспечение экологической безопасности // Интернет-Вестник ВолгГАСУ. 2012. № 1 (20). С. 27.
- [6]. Петросова Д.В. Фильтрация воздуха через ограждающие конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2012. Т. 28. № 2. С. 24-31.
- [7]. Червова Н.А., Кукушкина Г.А. Внешние ограждающие конструкции высотных зданий // Строительство

### References

- [1]. Perfilov V.A., Lepilov V.I., Kanavets U.V., Zubova M.O., Lukina I.G. Ograzhdayushchie elementy s povyshennymi teplozashchitnymi svoystvami v konstruktivnykh zhilogo modulya morskikh neftegazovykh platform [Fencing elements with increased thermal protection properties in the construction of the residential module of offshore oil and gas platforms]. Internet-Vestnik VolgGASU. 2013. №. 2 (27). P. 15.
- [2]. Tulenkova A.S., Kobel'kov G.V. Ograzhdayushchie konstruktssii kak primer energosberegayushchikh tekhnologiy v kapital'nom remonte [Fencing structures as an example of energy-saving technologies in overhaul]. Aktual'nye problemy sovremennoy nauki, tekhniki i obrazovaniya. 2013. T.2. №. 71. Pp. 232-236.
- [3]. Fedyuk R.S. Monolitnye zhelezobetonnye ograzhdayushchie konstruktssii s primeneniem nes'emnoy opalubki iz penopolistirola [Monolithic reinforced concrete enclosing structures with the use of fixed formwork made of expanded polystyrene]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. 2013. №. 10 (81). Pp. 185-190.
- [4]. Dubinskiy S.I., Bolotov P.E. Davlenie vozdukha na naruzhnye ograzhdayushchie konstruktssii [Air pressure on external enclosing structures]. Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie. 2013. №. 6 (138). Pp. 82-85.
- [5]. Nesvetaev G.V. Ratsional'nye ograzhdayushchie konstruktssii zhilykh zdaniy kak vklad v obespechenie ekologicheskoy bezopasnosti [Rational walling residential buildings as a contribution to environmental security]. Internet-Vestnik VolgGASU. 2012. №. 1 (20). P. 27.

- уникальных зданий и сооружений. 2014. № 9 (24). С. 137-145.
- [8]. Парута В.А., Брынзин Е.В. Ограждающие конструкции энергоэффективных зданий из автоклавного газобетона // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2014. № 2 (181). С. 45-47.
- [9]. Аниканова Л.А., Волкова О.В., Редлих В.В., Самохвалова И.В., Самохвалов А.С. Ограждающие конструкции с использованием фторангидритовых материалов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 2 (49). С. 144-152.
- [10]. Провоторов В.А., Агеенко М.В., Власов В.В. Перспективы применения вакуумных панелей для сокращения теплопотерь через ограждающие конструкции // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. 2015. № 1. С. 358-363.
- [11]. Афоншин С.А., Кочева Е.А. Пути снижения потерь теплоты через наружные ограждающие конструкции // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 3-1. С. 162-163.
- [12]. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Энергоэффективные вентилируемые ограждающие конструкции с активной рекуперацией теплового потока для строительства и реконструкции зданий с минимальным энергопотреблением // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2015. № 4. С. 35-39.
- [13]. Галямичев А.В. Специфика определения нагрузок на ограждающие конструкции и ее влияние на результаты их статического расчёта // Интернет-журнал Науковедение. 2015. Т. 7. № 2 (27). С. 96.
- [14]. Береговой А.М., Дерина М.А. Наружные ограждающие конструкции в системе воздухообмена жилого многоэтажного здания // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 24.
- [15]. Гулабянц Л.А., Лившиц М.И., Медведев С.В. Определение радоновой нагрузки на подземные ограждающие конструкции здания // Academia. Архитектура и строительство. 2016. № 1. С. 122-128.
- [16]. Плотников В.В., Ботаговский М.В. Инновационные ограждающие конструкции и материалы для реализации ресурсоэнергоэффективного строительства // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2015. № 4 (12). С. 35-44.
- [17]. Романова А.А., Коцкович А.В., Хохлова М.В. Двухтемпературная модель процесса теплопроводности через ограждающие конструкции зданий и сооружений // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2015. № 4 (34). С. 63-66.
- [18]. Рымаров А.Г., Лушин К.И. Особенности расчета теплового режима здания с массивными ограждающими конструкциями в холодный период года // Строительство: наука и образование. 2012. № 2. С. 5.
- [19]. Камалова З.А., Смирнов Д.С., Рахимов Р.З. Сопротивление теплопередаче стен с сыпучим теплоизоляционным материалом на основе древесных опилок // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 1. С. 103-109.
- [20]. Цветков Д.Н. Теплотехническое обоснование наружных ограждений зданий из клееных деревянных энергоэффективных сортиментов // [6]. Petrosova D.V. Fil'tratsiya vozdukha cherez ograzhdayushchie konstruksii [Air filtration through enclosing structures]. Engineering and construction magazine. 2012. T. 28. №. 2. Pp. 24-31.
- [7]. Chervova N.A., Kukushkina G.A. Vneshnie ograzhdayushchie konstruksii vysotnykh zdaniy [External enclosing constructions of high-rise buildings]. Construction of unique buildings and structures. 2014. №.9 (24). Pp. 137-145.
- [8]. Paruta V.A., Brynzin E.V. Ograzhdayushchie konstruksii energoeffektivnykh zdaniy iz avtoklavnogo gazobetona [Enclosing structures of energy-efficient buildings from autoclaved aerated concrete]. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2014. №. 2 (181). Pp. 45-47.
- [9]. Anikanova L.A., Volkova O.V., Redlikh V.V., Samokhvalova I.V., Samokhvalov A.S. Ograzhdayushchie konstruksii s ispol'zovaniem ftorangidritovykh materialov [Fencing structures using fluorinatedhydrite materials]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2015. №.2 (49). Pp. 144-152.
- [10]. Provotorov V.A., Ageenko M.V., Vlasov V.V. Perspektivy primeneniya vakuumnykh paneley dlya sokrashcheniya teplopoter' cherez ograzhdayushchie konstruksii [Prospects for the use of vacuum panels to reduce heat losses through enclosing structures]. Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Vysokie tekhnologii. Ekologiya. 2015. №. 1. Pp. 358-363.
- [11]. Afon'shin S.A., Kocheva E.A. Puti snizheniya poter' teploty cherez naruzhnye ograzhdayushchie konstruksii [Ways to reduce heat losses through external enclosing structures]. Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik. 2015. №. 3-1. Pp. 162-163.
- [12]. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. Energoeffektivnye ventiliruemye ograzhdayushchie konstruksii s aktivnoy rekuperatsiyey teplovogo potoka dlya stroitel'stva i rekonstruksii zdaniy s minimal'nym energopotrebleniem [Energy-efficient ventilated enclosing structures with active heat recovery for construction and reconstruction of buildings with minimum energy consumption]. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka. 2015. №. 4. Pp. 35-39.
- [13]. Galyamichев A.V. Spetsifika opredeleniya nagruzok na ograzhdayushchie konstruksii i ee vliyanie na rezul'taty ikh staticheskogo rascheta [Specificity of determining loads on enclosing structures and its effect on the results of their static calculation]. Internet-zhurnal Naukovedenie. 2015. T. 7. №. 2 (27). P. 96.
- [14]. Beregovoy A.M., Derina M.A. Naruzhnye ograzhdayushchie konstruksii v sisteme vozdukhoobmena zhilogo mnogoetazhnogo zdaniya [External enclosing structures in the air exchange system of a residential multi-storey building]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. №.1-1. P. 24.
- [15]. Gulabyants L.A., Livshits M.I., Medvedev S.V. Opredelenie radonovoy nagruzki na podzemnye ograzhdayushchie konstruksii zdaniya [Determination of radon load on the underground building envelope]. Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo. 2016. №. 1. Pp. 122-128.
- [16]. Plotnikov V.V., Botagovskiy M.V. Innovatsionnyye ograzhdayushchie konstruksii i materialy dlya realizatsii resursoenergoeffektivnogo stroitel'stva [Innovative enclosing structures and materials for the implementation of resource-efficient construction]. Biosfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii.. 2015. №. 4 (12). Pp. 35-44.
- [17]. Romanova A.A., Kotskovich A.V., Khokhlova M.V. Dvukhtemperaturnaya model' protsessа teploprovodnosti

- Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2012. № 2. С. 81-90.
- [21]. Park C., Kim N.H., safely envelope for load tolerance of structural element design based on multi-stage testing. *Advances in Mechanical Engineering*. 2016. No. 8 (9). Pp. 1-11.
- [22]. Choi B., Yeo I., Lee J., pillar-supported vacuum insulation panel with multi-layered filler material. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2016. Vol. 102. Pp. 902-910.
- [23]. Zhou S., Zhao J., optimum combinations of building envelope energy-saving technologies for office buildings in different climatic regions of China. *Energy and Buildings*. 2013. Vol. 57. Pp. 103-109.
- [24]. Loss C., Davison B., innovative composite steel-timber floors with prefabricated modular components. *Engineering Structures*. 2017. Vol. 132. Pp 695-713.
- [25]. Olmati P., Sagaseta. J., Cormie D., simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions. *Engineering Structures*. 2017. Vol. 130. Pp. 83-98.
- [26]. Weizmann M., Amir O., Grobman Y.J., topological interlocking in buildings: A case for the design and constructions of floors. *Automation in construction*. 2016. Vol. 72. Pp 18-25.
- [27]. Radhi H., Sharpies S., Taleb H., will cool roofs improve the thermal performance of our built environment? A study assessing roof systems in Bahrain. *Energy and Building*. 2017. Vol. 135. Pp. 324-337.
- [28]. Park S.-J., Choi W., Kim J.-J., effects of building-roof cooling on the flow and dispersion of reactive pollutants in an idealized urban street canyon. *Building and Environment*. 2016. Vol. 109. Pp. 175-189.
- [29]. Hashemi A., Masoudnia R., Quenneville P., seismic performance of hybrid self-centring steel-timber rocking core walls with slip friction connections. *Journal of constructional steel research*. 2016. Vol. 126. Pp. 201-213.
- [30]. Ameer S. A., Chaudhry H.N., Agha A., influence of roof topology on the air distribution and ventilation effectiveness of wind towers. *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 130. Pp. 733-746.
- cherez ograzhdayushchie konstruksii zdaniy i sooruzheniy [Two-temperature model of the process of heat conduction through the enclosing structures of buildings and structures]. *Tekhniko-tehnologicheskie problemy servisa*. 2015. №. 4 (34). Pp. 63-66.
- [18]. Rymarov A.G., Lushin K.I. Osobennosti rascheta teplovogo rezhima zdaniya s massivnymi ograzhdayushchimi konstruksiyami v kholodnyy period goda [Features of calculating the thermal regime of a building with massive enclosing structures in the cold period of the year]. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie*. 2012. №. 2. P. 5.
- [19]. Kamalova Z.A., Smirnov D.S., Rakhimov R.Z. Soprotivlenie teploperedache sten s sypuchim teploizolyatsionnym materialom na osnove drevesnykh opilok [Resistance to the heat transfer of walls with loose thermal insulation material based on sawdust]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2012. №. 1. Pp. 103-109.
- [20]. Tsvetkov D.N. Teplotekhnicheskoe obosnovanie naruzhnykh ograzhdeniy zdaniy iz kleemykh derevyannykh energoeffektivnykh sortimentov [Thermotechnical substantiation of external fences of buildings from glued wooden energy-efficient assortments]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2012. №. 2. Pp. 81-90.
- [21]. Park C., Kim N.H., safely envelope for load tolerance of structural element design based on multi-stage testing. *Advances in Mechanical Engineering*. 2016. No. 8 (9). Pp. 1-11.
- [22]. Choi B., Yeo I., Lee J., pillar-supported vacuum insulation panel with multi-layered filler material. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2016. Vol. 102. Pp. 902-910.
- [23]. Zhou S., Zhao J., optimum combinations of building envelop energy-saving technologies for office buildings in different climatic regions of China. *Energy and Buildings*. 2013. Vol. 57. Pp. 103-109.
- [24]. Loss C., Davison B., innovative composite steel-timber floors with prefabricated modular components. *Engineering Structures*. 2017. Vol. 132. Pp 695-713.
- [25]. Olmati P., Sagaseta. J., Cormie D., simplified reliability analysis of punching in reinforced concrete flat slab buildings under accidental actions. *Engineering Structures*. 2017. Vol. 130. Pp. 83-98.
- [26]. Weizmann M., Amir O., Grobman Y.J., topological interlocking in buildings: A case for the design and constructions of floors. *Automation in construction*. 2016. Vol. 72. Pp 18-25.
- [27]. Radhi H., Sharpies S., Taleb H., will cool roofs improve the thermal performance of our built environment? A study assessing roof systems in Bahrain. *Energy and Building*. 2017. Vol. 135. Pp. 324-337.
- [28]. Park S.-J., Choi W., Kim J.-J., effects of building-roof cooling on the flow and dispersion of reactive pollutants in an idealized urban street canyon. *Building and Environment*. 2016. Vol. 109. Pp. 175-189.
- [29]. Hashemi A., Masoudnia R., Quenneville P., seismic performance of hybrid self-centring steel-timber rocking core walls with slip friction connections. *Journal of constructional steel research*. 2016. Vol. 126. Pp. 201-213.
- [30]. Ameer S. A., Chaudhry H.N., Agha A., influence of roof topology on the air distribution and ventilation effectiveness of wind towers. *Energy and Buildings*. 2016. Vol. 130. Pp. 733-746.

**Швецов А.Е., Плешкова К.А., Структура и материалы ограждающих конструкций // Alfabuild. 2018. №1 (3). С. 15-23**

**Shvecov A.E., Pleshkova K.A. Structure and materials of enclosure structures, 2018, 1 (3), Pp. 15-23(rus)**

## Structure and materials of enclosure structures

A.E. Shvecov<sup>1\*</sup>, K.A. Pleshkova<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

Article info

review article

### Abstract

*The main issue of the theoretical part of the study is a choice of structures and materials for enclosure structures. The materials selected determine such parameters as Energy Performance of Buildings, thermal protecting, durability etc. The objective of the article is to solve the problems of durability of the materials selected as well as the long-term recouplement of enclosure structures. The results of the study show that lightweight-aggregate concrete with low conductivity the most balanced on all index. It has a durability as at construction materials and low conductivity. In article the impossibility of refusal of use of traditional materials is proved. The method of gradual decrease power delivery of the building, by gradual decrease in indexes of a elementary discharge of thermal energy was offered.*

Keywords:

civil engineering; structures(compositions); energy efficiency; thermodynamic properties; insulation; structural analysis; materials properties; enclosing structures; insulating materials

---

Corresponding author:

1\*. +7(999)2323646, shvetsov\_alexander@bk.ru (Shvecov Aleksandr, Student)

2. +7(981)7975951, ksenia.pleshkova@e1.ru (Pleshkova Ksenia, Student)