



doi: 10.18720/CUBS.84.4

Внедрение двойных стеклянных фасадов на территории Российской Федерации

Introduction of double-skin facades in the Russian Federation

И.Л. Васильева^{1*}, Д.В. Немова¹, Н.И. Ватин¹,I. Vasileva^{1*}, D. Nemova¹, N. Vatin¹

¹Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

¹Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St.
Petersburg, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

двойной стеклянный фасад; светопрозрачная конструкция; ограждающая конструкция; стекло; фасадная система; воздушная прослойка; воздушный зазор; энергоэффективность;

KEYWORDS

double-skin facade; translucent structure; enclosing structure; glass; facade system; air layer; air gap; energy efficiency;

АННОТАЦИЯ

Фасады из стекла сегодня пользуются огромной популярностью. Они выглядят сдержанно, выразительно, в их дизайне нет ничего лишнего, и они идеально вписываются в современную архитектуру городов. В статье рассматривается концепция инновационной фасадной системы – двойной стеклянный фасад. Эта конструкция распространена в Центральной и Восточной Европе. В процессе эксплуатации она зарекомендовала себя, как энергоэффективная. В аналитическом исследовании представлена классификация таких фасадов по методу вентиляции и по геометрии межконтурного пространства, выявлены основные преимущества. Было выявлено, что лучший тип – фасад с секционным делением межконтурного пространства. Во второй части работы рассмотрены примеры использования системы двойного стеклянного фасада в России. К сожалению, таких зданий немного, это связано с большой стоимостью, а также с отсутствием достаточной научной и опытной базы. К данной системе предъявляются некоторые замечания по использованию в нашем северном климате, соответственно, её необходимо более детально рассмотреть и усовершенствовать. Нужен комплексный подход. Важно тщательно смоделировать разные модификации данной конструкции, а также провести натурные испытания, расширить научную базу.

ABSTRACT

Glass facades are very popular today. They look restrained, expressive, there is nothing superfluous in their design, and they perfectly fit into the modern architecture of cities. The article discusses the concept of an innovative facade system - a double-skin facade. This design is common in Central and Eastern Europe. During operation, it has proven to be energy-efficient. The analytical study presents the classification of such facades by the method of ventilation and by the geometry of the inter-contour space, and identifies the main advantages. It was found that the best type is the box window type of the inter-contour space. Examples of using a double-skin facade system in Russia are considered in the second part of the work. Unfortunately, there are not many buildings of this type, this is due to the high cost, as well as the lack of sufficient and experimental base. This system has some comments on its use in cold climate, so it needs to be considered in more detail and improved. We need a comprehensive approach. It is important to carefully model different modifications of this design, as well as conduct full-scale tests, and expand the scientific base.

Содержание

1.	Введение	51
2.	Методы	52
3.	Результаты и обсуждение	52
4.	Заключение	57

1. Введение

С начала двухтысячных годов значительно возросло количество зданий со светопрозрачными фасадами. Всё большую, и большую площадь в ограждающих стеновых конструкциях стало занимать стекло, а в некоторых случаях фасады целиком выполняются из сплошного остекления. Без всяких сомнений это придаёт зданию особый эстетический облик. Стеклянная поверхность подчеркивает чёткие

границы и правильные изгибы, здание в целом выглядит более выразительным, аккуратным и современным [1, 2].

Растущий интерес к «стеклянным зданиям» был бы невозможен, если бы ему не сопутствовал интенсивный технологический прогресс. Изобретение электрохромных стёкол с переменной прозрачностью, низкоэмиссионных энергоэффективных стёкол, самоочищающихся и водоотталкивающих стёкол, появление аэрогелевого остекления и инновационных систем остекления (структурное, полуструктурное, модульное и спайдерное) дало шанс на воплощение самых неординарных архитектурных идей [3-10].

Развитие науки и техники и непрекращающийся инженерный поиск привели к созданию качественно нового типа фасада – двойной фасад (в англоязычной литературе используется термин «Double skin facade»). Название конструкции говорит само за себя – перед традиционным фасадом возводится вторая оболочка, так называемый наружный фасад или внешний контур. Он защищает внутреннюю часть от осадков, ветровой нагрузки, излишнего перегрева. Как правило, внешний контур представляет собой стеклянное полотно. Для реконструируемых зданий он крепится к имеющимся ограждающим конструкциям, а для вновь возводимых сооружений выступает в качестве второго ряда светопрозрачных структур. Внутренняя часть фасада состоит из несущего каркаса и слоя двойного стекла, для наружного фасада обычно используют одинарный слой упрочненного закаленного или ламинированного стекла [11,12]. Расстояние между двумя оболочками варьируется от 20 см до 2 м [13,14]. Это пространство позволяет расположить в себе регулируемые солнцезащитные устройства [15-17].

Данная конструкция в Европе зарекомендовала себя, как энергоэффективная, поэтому вопросы по применению такой системы всесторонне обсуждаются научным сообществом [18-30]. Огромное внимание уделено воздушной прослойке между плоскостями и возникаемому в ней термогравитационному потоку в работах [31-45]. В статьях [46-53] проведено моделирование и анализ отдельных участков такой фасадной системы. Отдельно важно выделить исследовательские работы, проведенные в испытательных центрах и на реальных конструкциях [54-60], вклад этих работ особенно важен с практической точки зрения.

Двойной стеклянный фасад имеет европейские истоки, но потихоньку начинает распространяться по всему миру. Уже существуют здания с такой технологией в США, Канаде, Китае, а также на территории Российской Федерации [61]. Эта конструкция является инновационной и требует дополнительного изучения. Важно рассмотреть ее в рамках нашего климата и в реалиях наших строительных норм.

Целью работы является анализ характерных преимуществ и недостатков технологии «Двойной стеклянный фасад», определение тенденций и перспектив по применению на территории Российской Федерации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить сущность конструкции и выявить её характерные преимущества, привести классификацию;
2. Рассмотреть конкретные примеры использования двойных стеклянных фасадов в России и проанализировать предъявляемые к ним замечания;
3. Установить возможные пути решения проблем

2. Методы

В исследовательской работе использованы общенаучные методы классификации, анализа и синтеза данных. Результаты аналитического обзора представлены с применением методов описания и сравнения.

3. Результаты и обсуждение

Характеристика конструкции и её основные преимущества.

Двойной фасад, согласно иностранной научной литературе, это «фасадная система, состоящая из двух отдельных плоских прозрачных элементов, разделенных полостью, которая используется в качестве воздушного канала» (рис. 1) [11,61-65].

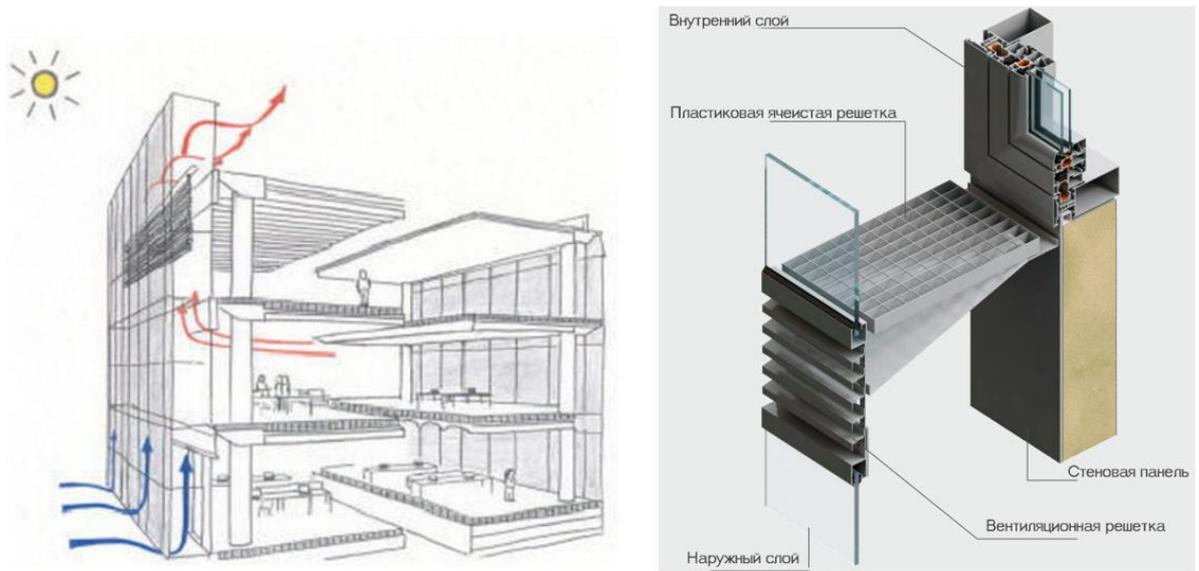


Рис.1. Концепция системы «Двойной фасад» [11]

Такая технология подразумевает под собой способность наружных стен динамически реагировать на изменения погодных условий и выполнять ряд функций по затенению, естественной вентиляции и теплоизоляции [12].

Считается, что система двойного фасада имеет лучшие показатели по звукозащите, чем традиционные фасады [66]. Всё дело в том, что вторая наружная фасадная оболочка ограждает внутреннюю и тем самым создаёт дополнительную заслонку на пути распространения шума.

Очевидно, что в зданиях с двойным остеклением снижаются затраты электроэнергии на освещение, так как большие стеклянные поверхности отлично проводят дневной свет. В жаркие периоды от перегрева помещений помогают специальные светозащитные устройства – ламели или рольставни. Благодаря данной технологии стабильно контролируется микроклимат внутри помещений (рис. 2) [15-17, 61, 67].

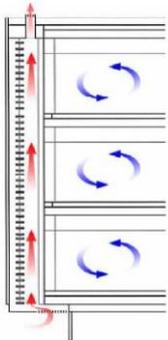
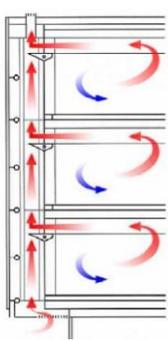
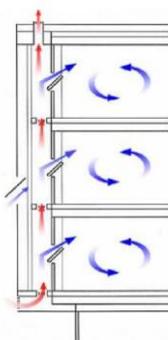


Рис.2. Солнцезащитные устройства [61]

Учитывая вышеперечисленные достоинства, а также внешнюю эстетику, двойной стеклянный фасад стал одним из самых популярных решений ограждающих конструкций в Европе (Здание Eurotheum во Франкфурте, здание Halenseestraße в Берлине, здание Post Office Tower в Бонне, здание SysOpen Tower в Хельсинки, здание Inland Revenue Centre в Ноттингеме, здание Moravian Library в Брно и т.д.) [61, 68].

Существует множество различных классификаций двойных фасадов. Рассмотрим две основные - по методу вентиляции [12, 69] (Таблица 1) и по геометрии межконтурного пространства.

Таблица 1. Классификация по способу вентиляции

Буферная система (Buffer System)	Система с выпуском воздуха (Extract-Air System)	Система двойного охлаждения (Twin-Face System)
		
Рис.3.[12]	Рис.4.[12]	Рис.5.[12]
Работа системы:		
<p>Два слоя остекления расположены на расстоянии 250 - 900 мм друг от друга. Пространство герметичное, приток воздуха осуществляется в нижней части фасада через дополнительные контролируемые устройства (рекуператоры). Воздух поднимается вверх благодаря эффекту естественной тяги и отводится через небольшие отверстия у краев кровли.</p>	<p>Воздушное пространство между двумя слоями остекления становится частью ОВиК системы. Нагретый "использованный" воздух извлекается через потолочные каналы в воздушную оболочку фасада и поднимается вверх. Свежий воздух подается по системе вентиляции. Эта система применима при строительстве домов, где невозможна естественная вентиляция (например, в местах с высоким уровнем шума, ветра или дыма)</p>	<p>Отличается от предыдущих систем встроенными отверстиями для естественной вентиляции. Для лучшей сопротивляемости шуму наружные и внутренние отверстия рекомендуется устанавливать в шахматном порядке.</p>

Примеры использования:



Рис.6. Здание в Дуйсбурге, Германия [69]



Рис.7. Здание в Зальцбурге, Австрия [69]



Рис.8. Здание в Эссене, Германия [69]

По геометрии межконтурного пространства двойные стеклянные фасады делятся на две большие группы [12, 14, 17, 61, 68, 70, 71]:

1. Целные: многоэтажные фасады (Multi storey Double Skin Facade), где горизонтальное и вертикальное деление между контурами отсутствует;

2. Рассечные:

2.1.Коридорный фасад (Corridor facade)- межконтурное пространство разделено на горизонтальные секции;

2.2.Шахтный фасад (Shaft box type)- межконтурное пространство разделено на вертикальные вентиляционные каналы;

2.3.Секционный фасад (Box window type) - пространство между слоями стекол делится на небольшие секции.

Ниже приведём сравнительную таблицу этих видов по критериям, описанным выше [12, 14, 17, 61, 68, 70, 71], где «2» - оценка «отлично», «1» - «хорошо», а «0» - «удовлетворительно» (Таблица 2).

Таблица 2. Сравнение вариантов фасадов

Критерий	Огнезащита	Шумоизоляция	Светопропускная способность	Удобство обслуживания	Итого:
Многоэтажный фасад	0	0	2	0	2
Коридорный фасад	1	1	1	2	5
Шахтный фасад	1	1	1	0	3
Секционный фасад	2	2	0	2	6

Наиболее эффективным вариантом среди перечисленных является фасад с секционным делением межконтурного пространства.

Опыт применения двойных стеклянных фасадов на территории Российской Федерации.

На территории Российской Федерации на данный момент существует мало зданий с системой двойного остекления. Это обстоятельство вызвано отсутствием достаточной опытной и научной базы. Первопроходцами в этой области стали:

- 1) Штаб-квартира компании «Новатек» в Москве (рис.9).



Рис.9. Штаб-квартира компании «Новатек» [66]

Это 12-тиэтажное офисное здание построено совместными усилиями инженерами из австрийского концерна «MNR Bau und Bauberatungs GmbH» и архитекторами из российского архитектурного бюро «Speech Чобан & Кузнецов» в 2011-м году. Для остекления здания использовалось мультифункциональное стекло Suncool 70/40 Pro T. Отличительной особенностью этого вида стекла является то, что при максимальной прозрачности оно обладает высокими солнцезащитными свойствами. Внутренний стеклянный контур содержит стеклопакеты, открывающиеся внутрь помещений. Наружная оболочка представляет собой сплошное остекление с рассечкой из камня, где встроена подсветка через каждые два этажа [72].

- 2) Лахта-центр в Санкт-Петербурге – самое высокое здание в Европе (рис.10).



Рис.10. Общественно-деловой комплекс «Лахта-центр» [73]

Первая очередь (небоскрёб и многофункциональное здание) получила разрешение на ввод в эксплуатацию в 2018-м году. Вторая очередь (Комплекс зданий и сооружений, КЗС) планируется к сдаче в 2021-м году. Площадь остекления башни 130 тыс. м², что составляет примерно 85 % от общей площади фасада. Это рекордное значение для Санкт-Петербурга.

Светопрозрачный фасад башни многослойный: одиночное стекло чередуется с двойной ниткой. Расстояние между слоями предусмотрено до 1,0 м. Эта концепция была выбрана архитекторами еще в 2006-м году, как новейшее инженерное решение. Наружная оболочка изготовлена из закаленного стекла, а внутренняя выполнена из термически упрочненного стекла. Воздушное пространство между слоями выступает в качестве изоляции от перепадов температуры, ветра и звука, позволяет обеспечить теплоизоляцию и естественную вентиляцию, что в свою очередь даст возможность снизить затраты на отопление и кондиционирование [73-75].

Перечисленные объекты относятся к зданиям премиального класса. То есть данная конструкция нуждается в больших капитальных вложениях в первое время, что может позволить себе не каждый заказчик. Самый продолжительный этап в жизни любого объекта – это период эксплуатации здания. Как показывают исследования, расходы в этот период суммарно значительно больше, чем стоимость возведения. Таким образом, если применение двойного фасада может значительно уменьшить эксплуатационные расходы, увеличение первоначальных затрат может быть целесообразно [16]. Но, как правило, заказчик при сравнении разных фасадных систем при прочих равных обстоятельствах отдает предпочтение той, которая изначально является более дешёвой, даже с учётом возможных перспектив.

Одна из самых больших проблем фасадов в условиях холодного климата – это возможность выпадения конденсата в воздушном пространстве на элементах и поверхностях. При достижении точки росы на внутренней стороне наружной стеклянной оболочки будет неизбежно конденсироваться пар.

Детальное исследование этого процесса в рамках двойного стеклянного фасада было проведено командой НИИСФ РААСН на территории Санкт-Петербурга [58]. Испытуемая модель имела следующие параметры и граничные условия:

- Размер полотен модели 4000x4000мм, расстояние между ними (буферная зона) – 1400 мм;

Внешнее полотно: специально спроектированная система с заполнением однокамерным стеклопакетом СПО 13СМ4-16 Аг-13СМ4 [76, 77]

Внутреннее полотно: специально спроектированная система с заполнением однокамерным стеклопакетом СПО 83-16 Аг-И21СМ4

- Для несущей конструкции использовалась сталь, выдерживающая ветровое давление 7000 Па;

- Материал элементов фахверка – алюминий;

- Температурный режим: внутренняя температура $t_{в} = +20^{\circ}\text{C}$; расчетная наружная температура $t_{н} = -28,2^{\circ}\text{C}$;

- Относительная влажность внутреннего воздуха – $\phi \leq 55\%$;

Фасадная рама была выполнена со звездчатым членением с острыми углами. Эта форма стеклопакетов была выбрана неспроста – она напоминает ту, которая используется в общественно-деловом комплексе «Лахта-центр» (в источнике приводится актуальное название этого сооружения на 2011-й год – «Охта-центр»). [58]. Термограмма угловых зон примыкания стекла к раме показала, что там температура гораздо ниже, чем в целом по стеклопакету. Из этого следует, что при расчетных температурах

на таких «слабых» участках будет образовываться наледь, которая в дальнейшем может разрушить конструкцию. Согласно нашим строительным нормам [78] температура внутренней поверхности светопрозрачной конструкции не должна опускаться ниже 3°C, а температура элементов фахверка и несущей системы не должна быть меньше точки росы внутреннего пространства. Исследователи НИИСФ РААСН экспериментировали с относительной влажностью и наружной температурой с целью нахождения температурного режима, который дал бы результаты, не противоречащие нормам [78]. Приемлемыми параметрами оказались: температура наружного воздуха не ниже -5°C при относительной влажности внутреннего воздуха $\phi=30\%$. Важно отметить, что эти данные находятся в соответствии с минимальными температурами в зимний период в странах Центральной и Восточной Европы, где данный вид фасада активно применяется [79]. Сомнения по поводу применения этой системы для холодного климата также были освещены в работе доктора технических наук из университета Штутгарта Карла Гертиса [80-82].

Во второй части эксперимента подбиралось решение, при котором температура внутренней поверхности наружного стеклянного фасада составила бы 3°C - 4°C при условии, что $t_n = -28,2^\circ\text{C}$ и относительная влажность внутреннего воздуха $\phi = 50\%$. Было определено, что в таком случае необходимы нагревательные приборы, расход электроэнергии которых на обогрев буферной зоны составил бы 92 Вт·ч/м².

Было определено сопротивление теплопередаче исследуемой конструкции, оно составило $R_0=1,46$ (м²·°C/Вт). В работе [66] приводится значение $R_0=1,1$ (м²·°C/Вт). Для понимания, каким должно быть сопротивление теплопередаче на самом деле, следует рассчитать градусо-сутки отопительного периода ГСОП [78]:

$$ГСОП = \frac{t_{вн} - t_{от}}{z_{от}} = \frac{20 - (-1,3)}{213} = 4536,9^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$$

Где: t_b - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $t_{от}$ - средняя температура наружного воздуха, $z_{от}$ - продолжительность, сут, отопительного периода.

Зная этот параметр и назначение здания, по таблице 3 [78] легко сравнить сопротивление теплопередаче двойного стеклянного фасада с требуемым значением для Санкт-Петербурга. На результат влияет то, к какой категории мы отнесём двойной стеклянный фасад – «стена» или «светопрозрачная ограждающая конструкция». И то, и другое имеет место быть. Из определения «светопрозрачной ограждающей конструкции» по [83] следует, что это может быть стена или перегородка со светопропускающими элементами, предназначенная для ограждения или разделения помещений здания – наша конструкция удовлетворяет этим условиям. В первом случае результат неудовлетворительный (R_0 должно быть больше 2,4 м²·°C/Вт), во втором – положительный и с запасом (R_0 должно быть больше 0,63 м²·°C/Вт). Такая коллизия также была замечена авторами работы [84].

Вывод, к которому пришли ученые НИИСФ РААСН такой, что конструкцию двойного стеклянного фасада на территории Санкт-Петербурга скорее можно использовать, как декоративную систему, а не как энергоэффективную [58]. Тем не менее в нашей стране есть регионы с более мягкими климатическими условиями, для которых данная конструкция будет уместна и с точки зрения энергосбережения тоже. При указанных проблемах, принципиально важно разработать более корректные узлы примыканий и следить за соблюдением технологии монтажа, потому что как показывает практика именно на этом этапе происходит много ошибок [84]. В рассмотренном эксперименте переменными параметрами были только температура наружного воздуха и относительная влажность внутри помещения. Имеет смысл также уделить большее внимание режимам работы систем вентиляции, попробовать смоделировать макеты по типу рис. 3,4,5 или других модификаций, чтобы получить четкое представление о теплопередаче и потоке воздуха.

4. Заключение

1) В исследовательской работе была проведена систематизация различного рода стеклянных двойных фасадов, описаны особенности их работы, основные преимущества. Наиболее эффективным видом двойного стеклянного фасада оказался фасад с секционным делением межконтурного пространства.

2) Несмотря на большую востребованность в странах Европы, на территории Российской Федерации к данной фасадной системе предъявляются некоторые замечания, соответственно, она нуждается в дальнейшем исследовании и совершенствовании.

3) Так как фасадная система, с точки зрения архитекторов, является выразительной и перспективной, её стоит доработать. Необходимо провести больше численных и натурных испытаний с разными модификациями фасада для нахождения оптимального решения.

Литература

References

- [1]. Магай А.А., Дубынин Н.В. Светопрозрачные фасады высотных многофункциональных зданий // Вестник МГСУ. 2010. №2. С. 14-21.
- [2]. Дербина С.Н., Борискина И.В., Плотников А.А. Эволюция конструктивных решений светопрозрачных конструкций // Вестник МГСУ. 2011. №2. С. 26-35.
- [3]. Семенова Э.Е., Логвинова Е.О. Исследование применения энергосберегающих светопрозрачных конструкций здания// Высокие технологии в строительном комплексе. 2018. № 1. С. 26-29.
- [4]. Мартынов С.В., Самарцев В.М., Еремин Б.Г., Еремин Д.Б. Исследование свойств электрохромного стекла// Известия Института инженерной физики. 2011. № 2 (20). С. 70-75.
- [5]. Васильева И.Л., Немова Д.В., Перспективы применения аэрогелей в строительстве// Alfabuild. 2018. №4(6). С. 135-145.
- [6]. Ахмяров Т.А., Спиридонов А.В., Шубин И.Л. Новое поколение энергоэффективных вентилируемых светопрозрачных и фасадных конструкций с активной рекуперацией теплового потока // Жилищное строительство. 2015. № 1. С. 18-23.
- [7]. Патент на полезную модель RU 133545, E04B 1/61, Модульная система для светопрозрачных ограждающих конструкций/Дебабов А.П.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "КАРБОГЛАСС" - № 2013129451/03; заявл. 27.06.13; опубл. 20.10.13
- [8]. Голикова В.С., Ояма И.А., Петров Е.В. Особенности устройства остекления высотных зданий и сооружений // Избранные доклады 65-й университетской научно-технической конференции. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2019. С. 202-205.
- [9]. Билюшова Т.П., Зиновьев А.В. Спайдерное остекление // Вологодские чтения. 2009. № 76. С. 32-34.
- [10]. Субботина С.А., Шлыкова И.Д., Палкуш А.А., Соколова Н.В. Сплошное фасадное остекление современных зданий // Материалы Международной научно-практической конференции «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия». Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2018. С. 322-326.
- [11]. Двойные вентилируемые фасады [Электронный ресурс] URL: <http://www.build-online.ru/info/49-walls/131-double.html> (дата обращения 31.01.2020)
- [12]. Семенова Э.Е., Лебедев Д.Ю. Первичное исследование двойных фасадных систем остекления // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. № 1 (22). С. 206-214.
- [13]. Двойные фасады [Электронный ресурс] URL: <https://glassystem.ru/articles/121803> (дата обращения 31.01.2020)
- [14]. Курицын А.О., Павлова Н.Ю., Опанасенко И.А., Болотовский В.В., Тарасова Д.С., Двойные фасады с вентилируемыми буферными зонами // Alfabuild. 2018. №6(7). С. 47-58
- [15]. ГОСТ Р 54858-2011. Конструкции фасадные светопрозрачные. Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче
- [16]. Козак Е.С., Аксёнова С.М. Перспективы технологии двойного фасада в архитектуре // Наука молодых - будущее России сборник научных статей 3-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 6 томах. Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2018. С. 167-171.
- [1]. Magay A.A., Dubynin N.V. Svetoprozrachnyye fasady vysoznykh mnogofunktsionalnykh zdaniy // Vestnik MGSU. 2010. №2. S. 14-21.
- [2]. Derbina S.N., Boriskina I.V., Plotnikov A.A. Evolyutsiya konstruktivnykh resheniy svetoprozrachnykh konstruksiy // Vestnik MGSU. 2011. №2. S. 26-35.
- [3]. Semenova E.Ye., Logvinova Ye.O. Issledovaniye primeneniya energosberegayushchikh svetoprozrachnykh konstruksiy zdaniya// Vysokiye tekhnologii v stroitelnom komplekse. 2018. № 1. S. 26-29.
- [4]. Martynov S.V., Samartsev V.M., Yeremin B.G., Yeremin D.B. Issledovaniye svoystv elektrokromnogo stekla// Izvestiya Instituta inzhenernoy fiziki. 2011. № 2 (20). S. 70-75.
- [5]. Vasileva I., Nemova D. Prospects of using aerogels in construction. Alfabuild, 2018, 4(6), Pp. 135-145 (rus)
- [6]. Akhmyarov T.A., Spiridonov A.V., Shubin I.L. Novoye pokoleniye energoeffektivnykh ventiliruyemykh svetoprozrachnykh i fasadnykh konstruksiy s aktivnoy rekuperatsiyey teplovogo potoka // Zhilishchnoye stroitelstvo. 2015. № 1. S. 18-23.
- [7]. Patent na poleznuyu model RU 133545, E04B 1/61, Modulnaya sistema dlya svetoprozrachnykh ograzhdayushchikh konstruksiy/Debabov A.P.; zayavitel i patentoobladatel Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennostyu "KARBOGLASS" - № 2013129451/03; zayavl. 27.06.13; opubl. 20.10.13
- [8]. Golikova V.S., Oyama I.A., Petrov Ye.V. Osobennosti ustroystva ostekleniya vysoznykh zdaniy i sooruzheniy // Izbrannyye doklady 65-y universitetskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Tomsk: Izd-vo TGASU, 2019. S. 202-205.
- [9]. Bilyushova T.P., Zinovyyev A.V. Spaydernoye ostekleniye // Vologdinskiye chteniya. 2009. № 76. S. 32-34.
- [10]. Subbotina S.A., Shlykova I.D., Palkush A.A., Sokolova N.V. Sploshnoye fasadnoye ostekleniye sovremennykh zdaniy // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Regionalnyye aspekty razvitiya nauki i obrazovaniya v oblasti arkhitektury, stroitelstva, zemleustroystva i kadaastrov v nachale III tysyacheletiya». Komsomolsk-na-Amure: Izd-vo Komsomolskiy-na-Amure gosudarstvennyy universitet, 2018. S. 322-326.
- [11]. Dvoynnyye ventiliruyemye fasady [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.build-online.ru/info/49-walls/131-double.html> (data obrashcheniya 31.01.2020)
- [12]. Semenova E.Ye., Lebedev D.Yu. Pervichnoye issledovaniye dvoynykh fasadnykh sistem ostekleniya // Nauchnyy zhurnal. Inzhenernyye sistemy i sooruzheniya. 2016. № 1 (22). S. 206-214.
- [13]. Dvoynnyye fasady [Elektronnyy resurs] URL: <https://glassystem.ru/articles/121803> (data obrashcheniya 31.01.2020)
- [14]. Kuritsyn A.O., Pavlova N.Y., Opanasenko I.A., Bolotovskiy V.V., Tarasova D.S., Double skin facade with ventilated buffer zone. Alfabuild, 2018, 6(7), Pp. 47-58 (rus)
- [15]. GOST R 54858-2011. Konstruksii fasadnyye svetoprozrachnyye. Metod opredeleniya privedennogo soprotivleniya teploperedache
- [16]. Kozak Ye.S., Aksenova S.M. Perspektivy tekhnologii dvoynogo fasada v arkhitekture // Nauka molodykh - budushcheye Rossii sbornik nauchnykh statey 3-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh: v 6 tomakh. Kursk: Izd-vo ZAO «Universitetskaya kniga», 2018. S. 167-171.
- [17]. Shekhovtsov A.V., Pantukhov N.A. Dvoynnyye steklyannyye fasady. // Stroitelnyye nauki. Stroitelnaya teplofizika i energosberezheniye. 2009. №5. S. 404-408.

- [17]. Шеховцов А.В., Пантюхов Н.А. Двойные стеклянные фасады. // Строительные науки. Строительная теплофизика и энергосбережение. 2009. №5. С. 404-408.
- [18]. Shi Feng, Wang Wei. Optimal design of the external respiration double skin facade // *Advanced Materials Research*. 2011. Vols. 374-377. Pp. 257-262.
- [19]. Palko M., Palková A. Selected aerodynamic problems of double skin facade // *Advanced Materials Research*. 2014. Vol.1057. Pp. 137-144.
- [20]. Daryanto Daryanto. Comparative study of heat transfer in double skin facades on high-rise office building in Jakarta // *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vols. 170-173. Pp. 2751-2755.
- [21]. Fang Wang, Fang Dong Hou, Xiao Qin Liu. Construction and development of a new ecological facade // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol 525. Pp. 367-370.
- [22]. Chang An Liu, Xin Mei Chen, Yan Yan Wei. Evolution: The development of intelligent double-skin facades // *Applied Mechanics and Materials*. 2011. Vols. 71-78. Pp. 1546-1549.
- [23]. Petrichenko M., Vatin N., Nemova D. Improvement of the double skin facades // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vols. 725-726. Pp. 41-48.
- [24]. Xin Zhan, Hua Yang, Feng Yun Jin. Numerical simulation of indoor thermal environment of a double-skin facade office with different shutter angles // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 694. Pp. 256-259.
- [25]. Jankovic, A., Goia, F. A simulation study on the performance of double skin facade through experimental design methods and analysis of variance // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 609.
- [26]. Syed, F., Willoughby, T. Analyzing double skin facade for global climate regions. *World Energy Engineering Congress*. 2011. Pp. 1538-154.
- [27]. Pasquay T. Natural ventilation in high-rise buildings with double facades, saving or waste of energy // *Energy and Buildings*. 2004. Vol.36, No.4. Pp.381-389.
- [28]. Petrichenko M., Nemova D., Reicha E., Subbotina S., Khayrutdinova F. Heat and mass transfer in a vertical channel under heat-gravitational convection conditions // *PJ Web of Conferences* 114, 2016. №02092. 6p.
- [29]. Гагарин В.Г., Плющенко Н.Ю. Определение термического сопротивления вентилируемой прослойки НФС // *Строительство: наука и образование*. 2015. №1. С.5.
- [30]. Halil Z. Alibaba, Mesut B. Ozdenis. Thermal comfort of multiple-skin facades in warm-climate offices // *Scientific Research and Essays*. 2011. Vol. 9(16). Pp. 4065-4078.
- [31]. Zhang, T., Yang, H. Flow and heat transfer characteristics of natural convection in vertical air channels of double-skin solar façades // *Applied Energy*. 2019. Vol. 242. Pp. 107-120.
- [32]. Стаценко Е.А., Островая А.Ф., Киселев С.С. Вентилируемые стеклянные фасады. Параметры воздушного зазора // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2015. №12 (39). С. 32-42.
- [33]. Явтушенко Е.Б. Основы гидравлического расчета навесных вентилируемых фасадов // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2013. С. 55-61.
- [34]. Петриченко М.Р., Петроченко М.В. Гидравлика свободно-конвективных течений в ограничивающих конструкциях с воздушным зазором // *Инженерно-строительный журнал*. 2011. №8. С. 51-56.
- [18]. Shi Feng, Wang Wei. Optimal design of the external respiration double skin facade // *Advanced Materials Research*. 2011. Vols. 374-377. Pp. 257-262.
- [19]. Palko M., Palková A. Selected aerodynamic problems of double skin facade // *Advanced Materials Research*. 2014. Vol.1057. Pp. 137-144.
- [20]. Daryanto Daryanto. Comparative study of heat transfer in double skin facades on high-rise office building in Jakarta // *Applied Mechanics and Materials*. 2012. Vols. 170-173. Pp. 2751-2755.
- [21]. Fang Wang, Fang Dong Hou, Xiao Qin Liu. Construction and development of a new ecological facade // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol 525. Pp. 367-370.
- [22]. Chang An Liu, Xin Mei Chen, Yan Yan Wei. Evolution: The development of intelligent double-skin facades // *Applied Mechanics and Materials*. 2011. Vols. 71-78. Pp. 1546-1549.
- [23]. Petrichenko M., Vatin N., Nemova D. Improvement of the double skin facades // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vols. 725-726. Pp. 41-48.
- [24]. Xin Zhan, Hua Yang, Feng Yun Jin. Numerical simulation of indoor thermal environment of a double-skin facade office with different shutter angles // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 694. Pp. 256-259.
- [25]. Jankovic, A., Goia, F. A simulation study on the performance of double skin facade through experimental design methods and analysis of variance // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 609.
- [26]. Syed, F., Willoughby, T. Analyzing double skin facade for global climate regions. *World Energy Engineering Congress*. 2011. Pp. 1538-154.
- [27]. Pasquay T. Natural ventilation in high-rise buildings with double facades, saving or waste of energy // *Energy and Buildings*. 2004. Vol.36, No.4. Pp.381-389.
- [28]. Petrichenko M., Nemova D., Reicha E., Subbotina S., Khayrutdinova F. Heat and mass transfer in a vertical channel under heat-gravitational convection conditions // *PJ Web of Conferences* 114, 2016. №02092. 6p.
- [29]. Gagarin V.G., Plyushchenko N.Yu. Opredeleniye termicheskogo soprotivleniya ventiliruyemoy prosloyki NFS // *Stroitelstvo: nauka i obrazovaniye*. 2015. №1. S.5.
- [30]. Halil Z. Alibaba, Mesut B. Ozdenis. Thermal comfort of multiple-skin facades in warm-climate offices // *Scientific Research and Essays*. 2011. Vol. 9(16). Pp. 4065-4078.
- [31]. Zhang, T., Yang, H. Flow and heat transfer characteristics of natural convection in vertical air channels of double-skin solar façades // *Applied Energy*. 2019. Vol. 242. Pp. 107-120.
- [32]. Statsenko E.A., Ostrovaia A.F., Kiselev S.S. The ventilated glass facades. Parameters of an air gap. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2015, 12 (39), Pp. 32-42. (rus)
- [33]. Yavtushenko Y. B. Fundamentals of hydraulic design for ventilated facades // *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2013. Pp. 55-61. (rus)
- [34]. Petrichenko M.R., Petrochenko M.V. Hydraulics of natural convection flows in building walling with air gap // *Magazine of Civil Engineering*. 2011. №8. Pp. 51-56. (rus)
- [35]. Petrichenko M.R., Petrochenko M.V., Yavtushenko Ye.B. A hydraulically optimum ventilated gap // *Magazine of Civil Engineering*. 2013. Pp. 35-40. (rus)
- [36]. Petrichenko M.R. Ostrovaia A.F., Statsenko E.A. The glass ventilated facades. Research of an air gap // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Pp. 87-92.
- [37]. Li J., Chow Y. Heat transfer and air movement behavior in a double-skin façade // *Centre for Sustainable Energy Technologies*. 2014. Pp. 130-139.

- [35]. Петриченко М.Р., Петроченко М.В., Явтушенко Е.Б. Гидравлически оптимальная вентилируемая щель. Инженерно-строительный. 2013.С. 35-40.
- [36]. Petrichenko M.R. Ostrovaia A.F., Statsenko E.A. The glass ventilated facades. Research of an air gap // Applied Mechanics and Materials. 2015. Pp. 87-92.
- [37]. Li J., Chow Y. Heat transfer and air movement behavior in a double-skin façade // Centre for Sustainable Energy Technologies. 2014. Pp. 130-139.
- [38]. Djunaedy E., Hensen J., Loomans M. Strategy for air flow simulation in building design center for building and systems // Technische Universities Eindhoven. 2002. Vol.31. No.5. Pp.43-49.
- [39]. Miftakhova D.R., Nemova D.V. Construction of the air gap with variable width in the double-skin facades. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, 4(43), Pp. 34-45.
- [40]. Петриченко М.Р., Петроченко М.В. Гидравлика свободноконвективных течений в ограждающих конструкциях с воздушным зазором. Инженерно-строительный журнал. 2011. №8(26). С. 51-56.
- [41]. Ayinde T.F., Said S.A.M., Habib M.A. Experimental investigation of turbulent natural convection flow in a channel. Heat and Mass Transfer. 2006.Vol. 42. Issue 3. Pp. 169-177.
- [42]. Корниенко С.В. Температурно-влажностный режим наружных стен с вентилируемым фасадом. Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 389-394.
- [43]. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И. Скорость движения воздуха в прослойке навесной фасадной системы при естественной вентиляции. Жилищное строительство. 2013. № 10. С. 14-17.
- [44]. Корнилов Т.А., Амбросьев В.В. Экспериментальные исследования влияния воздушного потока в зазоре на теплозащитные свойства вентилируемых фасадных систем. Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 344-347.
- [45]. Гагарин В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий. Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 297-305.
- [46]. Cun Hui, Yuan Qing Wang, Bin Wang, Wei Tao, Sheng Lin Zheng. Simulation and analysis of thermal performance of internal recycle double skin facades // Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 580-583. Pp. 2415-2420.
- [47]. Palko M. Double-Skin Facade in Flotran CFD // Advanced Materials Research. 2013. Vol. 855. Pp. 154-159.
- [48]. Manz H. and Frank T. Thermal simulation of buildings with double-skin facades // Energy and Buildings. 2005. Vol. 37. Pp. 1114-1121.
- [49]. Tian Z., Chou S. K., Bong T. Y. Building simulation: an overview of developments and information sources // Building and Environment. 2000. Vol.35. №.4. Pp.347-361.
- [50]. Augenbroe G. Trends in building simulation // Building and Environment. 2002. Vol.37. Pp.891-902.
- [51]. Jan H., Wigginton M. Modeling and simulation of a double-skin facade system // Solar Energy. 2000. Vol. 12, No.6. Pp.115-132.
- [52]. Zou Huifen, Fei Yingchao, Yang Fuhua, Tang Hao, Zhang Ying, and Ye Sheng. Mathematical modeling of double-skin facade in northern area of China // Mathematical Problems in Engineering. 2013. 10 p.
- [53]. Sabrina Andrade Barbosa, Túlio Márcio de Salles Tibúrcio, Joyce Correna Carlo, Álvaro Messias Bigonha Tibiriçá. Fachadas duplas em clima tropical de altitude: análise do potencial de ventilação de ambientes por meio de simulação computacional // XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - 29. 2012. Pp. 4050-4060.
- [54]. Bielek B., Bielek M., Szabó D. The natural physical cavity energy regime of double-skin facade // Advanced Materials Research. 2014. Vol 899. Pp. 174-179.
- [55]. Petrichenko M., Vatin N., Nemova D., Olshevskiy V. The results of experimental determination of air output and velocity of flow in double skin facades // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vols. 725-726. Pp. 93-99.
- [56]. Catto Lucchino, E., Goia, F., Lobaccaro, G., Chaudhary, G. Modelling of double skin facades in whole-building energy simulation tools: A review of current practices and possibilities

- Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – 29. 2012. Pp. 4050-4060.
- [54]. Bielek B., Bielek M., Szabó D. The natural physical cavity energy regime of double-skin facade // *Advanced Materials Research*. 2014. Vol 899. Pp. 174-179.
- [55]. Petrichenko M., Vatin N., Nemova D., Olshevskiy V. The results of experimental determination of air output and velocity of flow in double skin facades // *Applied Mechanics and Materials*. 2015. Vols. 725-726. Pp. 93-99.
- [56]. Catto Lucchino, E., Goia, F., Lobaccaro, G., Chaudhary, G. Modelling of double skin facades in whole-building energy simulation tools: A review of current practices and possibilities for future developments // *Building Simulation*. 2019. №12 (1). Pp. 3-27.
- [57]. Тихомирнов С.Н., Пантюхов Н.А., Соловьев А.В. Отработка методики определения теплотехнических свойств двойного фасада на полномасштабной модели типового этажа высотного здания. Результаты предварительных натурных исследований // *Вестник МГСУ*. 2011. №3. С. 270-275.
- [58]. Верховский А.А., Шеховцов А.В. Теплотехнические исследования двойного фасада в Российских климатических условиях // *Вестник МГСУ*. 2011. №3. С.215-220.
- [59]. Шеховцов А.В., Верховский А.А. Двойные стеклянные фасады // *Вестник МГСУ*. 2009. №5. С. 404-408.
- [60]. Túlio Márcio de Salles Tibúrcio, Sabrina Andrade Barbosa. Estudo de configurações de aberturas para ventilação natural em fachadas inteligentes // XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – 29. 2012. Pp. 3801-3810.
- [61]. Harris Poirazis. Double Skin Façades for Office Buildings // Lund Institute of Technology. Sweden, 2004. 192 p.
- [62]. Arons, D. Properties and Applications of Double-Skin Building Facades. MSc thesis in Building Technology, Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA, 2000. 273 p.
- [63]. Compagno, A. Intelligent Glass Facades (5th revised and updated edition). German, 2002. 183 p.
- [64]. S. Uuttu: Study of Current Structures in Double-Skin Facades*, MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics, Department of Civil and Environmental Engineering. Helsinki University of Technology (HUT), Finland. (2001). 85 p.
- [65]. Penic M., Vatin N., Murgul V. Double skin facades in energy efficient design // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. № 680. Pp. 534-538.
- [66]. Oesterle, E., Lieb, R-D., Lutz, M., Heusler, W. Double Skin Facades – Integrated Planning. Prestel Verlag: Munich, Germany. 2001. 208 p.
- [67]. Yang Hui, Lushin K.I., Plushenko N. Y. Determination of buildings sun shields operating parameters for the purpose of durability and sustainability // *Vestnik MGSU*. 2018. №9. S. 1154-1164.
- [68]. Бродач М., Шилкин Н. Стеклянные двойные фасады // *Здания высоких технологий*, 2008. С. 32-45.
- [69]. Evaluating the Use of Double-Skin Facade Systems for Sustainable Development [Электронный ресурс] URL: <https://www.glassonweb.com/article/evaluating-use-double-skin-facade-systems-sustainable-development> (дата обращения 02.02.2020)
- [70]. Е.В. Шестерова, Д.В. Немова, М.Р. Петриченко. Усовершенствованная конструкция противопожарных рассечек в НВФ // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2016. №7 (46). С. 35-49.
- [71]. Двойное остекление фасадов зданий (системы Double Skin) [Электронный ресурс] URL:
- for future developments // *Building Simulation*. 2019. №12 (1). Pp. 3-27.
- [57]. Tikhomirnov S.N., Pantyukhov N.A., Solovyev A.V. Otrabotka metodiki opredeleniya teplotekhnicheskikh svoystv dvoynogo fasada na polnomasshtabnoy modeli tipovogo etazha vysotnogo zdaniya. Rezultaty predvaritelnykh naturnykh issledovaniy // *Vestnik MGSU*. 2011. №3. S. 270-275.
- [58]. Verkhovskiy A.A., Shekhovtsov A.V. Teplotekhnicheskiye issledovaniya dvoynogo fasada v Rossiyskikh klimaticheskikh usloviyakh // *Vestnik MGSU*. 2011. №3. S.215-220.
- [59]. Shekhovtsov A.V., Verkhovskiy A.A. Dvoynyye steklyannyye fasady // *Vestnik MGSU*. 2009. №5. S. 404-408.
- [60]. Túlio Márcio de Salles Tibúrcio, Sabrina Andrade Barbosa. Estudo de configurações de aberturas para ventilação natural em fachadas inteligentes // XIV ENTAC - Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – 29. 2012. Pp. 3801-3810.
- [61]. Harris Poirazis. Double Skin Façades for Office Buildings // Lund Institute of Technology. Sweden, 2004. 192 p.
- [62]. Arons, D. Properties and Applications of Double-Skin Building Facades. MSc thesis in Building Technology, Massachusetts Institute of Technology (MIT), USA, 2000. 273 p.
- [63]. Compagno, A. Intelligent Glass Facades (5th revised and updated edition). German, 2002. 183 p.
- [64]. S. Uuttu: Study of Current Structures in Double-Skin Facades*, MSc thesis in Structural Engineering and Building Physics, Department of Civil and Environmental Engineering. Helsinki University of Technology (HUT), Finland. (2001). 85 p.
- [65]. Penic M., Vatin N., Murgul V. Double skin facades in energy efficient design // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. № 680. Pp. 534-538.
- [66]. Oesterle, E., Lieb, R-D., Lutz, M., Heusler, W. Double Skin Facades – Integrated Planning. Prestel Verlag: Munich, Germany. 2001. 208 p.
- [67]. Yang Hui, Lushin K.I., Plushenko N. Y. Determination of buildings sun shields operating parameters for the purpose of durability and sustainability // *Vestnik MGSU*. 2018. №9. S. 1154-1164.
- [68]. Brodach M., Shilkin N. Steklyannyye dvoynyye fasady // *Zdaniya vysokikh tekhnologiy*, 2008. S. 32-45.
- [69]. Evaluating the Use of Double-Skin Facade Systems for Sustainable Development [Elektronnyy resurs] URL: <https://www.glassonweb.com/article/evaluating-use-double-skin-facade-systems-sustainable-development> (data obrashcheniya 02.02.2020)
- [70]. Ye.V. Shesterova, D.V. Nemova, M.R. Petrichenko. Usovershenstvovannaya konstruktsiya protivopozharnykh rassechek v NVF // *Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy*. 2016. №7 (46). S. 35-49.
- [71]. Dvoynoye ostekleniye fasadov zdaniy (sistemy Double Skin) [Elektronnyy resurs] URL: https://www.alpicagroup.ru/osteklenie_fasadov/dvoynoe_osteklenie.html (data obrashcheniya 04.04.2020)
- [72]. Shtab-kvartira kompanii «Novatek» [Elektronnyy resurs] URL: https://firstinglass.ru/about/objects/?ELEMENT_ID=257 (data obrashcheniya 01.02.2020)
- [73]. Zubkov V.A. Svetoprozrachnyye konstruksii obshchestvenno-delovogo kompleksa «Lakhta Tsentr» v Sankt-Peterburge // *Traditsii i innovatsii v stroitelstve i arkhitekture. Stroitelstvo. Izdvo: Samarskiy gosudarstvennyy arkhitekturno-stroitelnyy universitet*, 2017. S. 52-55
- [74]. Ilyukhina Ye.A., Lakhman S.I., Miller A.B., Travush V.I. Konstruktivnyye resheniya vysotnogo zdaniya «Lakhta Tsentr» v Sankt-Peterburge // *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2019. № 3. S. 110-121.
- [75]. Grankina D.V., Ivanov N.V., Konyakhin V.O. Sovremennyye konstruktivnyye resheniya vysotnykh zdaniy na primere

https://www.alpicagroup.ru/osteklenie_fasadov/dvoynoe_o_steklenie.html (дата обращения 04.04.2020)

- [72]. Штаб-квартира компании «Новатэк» [Электронный ресурс] URL: https://firstinglass.ru/about/objects/?ELEMENT_ID=257 (дата обращения 01.02.2020)
- [73]. Зубков В.А. Светопрозрачные конструкции общественно-делового комплекса «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. Изд-во: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2017. С. 52-55
- [74]. Илюхина Е.А., Ляхман С.И., Миллер А.Б., Травуш В.И. Конструктивные решения высотного здания «Лахта Центр» в Санкт-Петербурге// Academia. Архитектура и строительство. 2019. № 3. С. 110-121.
- [75]. Гранкина Д.В., Иванов Н.В., Коняхин В.О. Современные конструктивные решения высотных зданий на примере строительства Лахта-Центр// Инженерный вестник Дона. 2018. № 4 (51). С. 200.
- [76]. ГОСТ 30826-2001 Стекло многослойное строительного назначения. Технические условия
- [77]. ГОСТ 24866-99 Стеклопакеты клееные строительного назначения. Технические условия
- [78]. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением №1)
- [79]. Климат в столицах европейских стран [Электронный ресурс] URL: <http://tour-site.narod.ru/eurokl.htm> (дата обращения 02.02.2020)
- [80]. К. Гертис. Стеклопакеты двойные фасады. Имеют ли смысл, с точки зрения строительной физики, новые разработки фасадов? // АВОК. 2003. №7.
- [81]. К. Гертис. Стеклопакеты двойные фасады. Имеют ли смысл, с точки зрения строительной физики, новые разработки фасадов? // АВОК. 2003. №8
- [82]. К. Гертис. Стеклопакеты двойные фасады. Имеют ли смысл, с точки зрения строительной физики, новые разработки фасадов? // АВОК. 2004. №1
- [83]. ГОСТ Р 53308-2009 Конструкции строительные. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнения проемов. Метод испытаний на огнестойкость
- [84]. Устьянцев П.В., Мальяр Е.А. Проблемы применения фасадных конструкций с наружной поверхностью из стекла для офисных зданий высокого класса. Екб.: Изд-во ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», С.201-204..
- stroitelstva Lakhta-Tsentr// Inzhenernyy vestnik Dona. 2018. № 4 (51). С. 200.
- [76]. GOST 30826-2001 Steklo mnogoslnoynoye stroitel'nogo naznacheniya. Tekhnicheskiye usloviya
- [77]. GOST 24866-99 Steklopakety kleynyye stroitel'nogo naznacheniya. Tekhnicheskiye usloviya
- [78]. SP 50.13330.2012 Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003 (s Izmeneniyem №1)
- [79]. Klimat v stolitsakh yevropeyskikh stran [Elektronnyy resurs] URL: <http://tour-site.narod.ru/eurokl.htm> (data obrashcheniya 02.02.2020)
- [80]. K. Gertis. Cteklyannyye dvoynyye fasady. Imeyut li smysl, s tochki zreniya stroitel'noy fiziki, novyye razrabotki fasadov? // AVOK. 2003. №7.
- [81]. K. Gertis. Cteklyannyye dvoynyye fasady. Imeyut li smysl, s tochki zreniya stroitel'noy fiziki, novyye razrabotki fasadov? // AVOK. 2003. №8
- [82]. K. Gertis. Cteklyannyye dvoynyye fasady. Imeyut li smysl, s tochki zreniya stroitel'noy fiziki, novyye razrabotki fasadov? // AVOK. 2004. №1
- [83]. GOST R 53308-2009 Konstruktsii stroitel'nyye. Svetoprozrachnyye ograzhdayushchiye konstruktsii i zapolneniya proyemov. Metod ispytaniy na ognestoykost
- [84]. Ustyantsev P.V., Malyar Ye.A. Problemy primeneniya fasadnykh konstruktsiy s naruzhnoy poverkhnostyu iz stekla dlya ofisnykh zdaniy vysokogo klassa. Yekb.: Izd-vo FGAOU VPO «Uralskiy federalnyy universitet imeni pervogo Prezidenta Rossii B. N. Yeltsina», S.201-204.

Контактная информация

- * 89095863919, vasilievaa_irina@mail.ru (Васильева Ирина)
- +79218900267, nemova_dv@spbstu.ru (Немова Дарья, канд. техн. наук, Доцент)
- +79219643762, vatin@mail.ru (Ватин Николай, д-р техн. наук, проф., профессор)

Contact information

- * 89095863919, vasilievaa_irina@mail.ru (Vasileva Irina)
- +79218900267, nemova_dv@spbstu.ru (Nemova Darya, Cand. Techn. Sciences, associate Professor)
- +79219643762, vatin@mail.ru (Vatin Nikolai, Dr. Techn. Sciences, Prof., Professor)

© Васильева И.Л., Немова Д.В., Ватин Н.И., 2019