Construction of Unique Buildings and Structures
journal homepage: www.unistroy.spb.ru
Строительство уникальных зданий и сооружений

Меры предотвращения пожаров навесных вентилируемых фасадов

Л.В. Доброгорская[1], А.В. Бушманова[2], М.К. Михайлова[3], В.С. Далинчук[4]

[1-3] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК	Подана в редакцию 17.05.2016	навесные вентилируемые фасады; теплоизоляция; каркас; строительные конструкции; ограждающие конструкции; пожаробезопасность;

АННОТАЦИЯ

К настоящему моменту навесные вентилируемые фасады активно применяются при реконструкции и новом строительстве зданий по всей территории России. При качественном монтаже, подборе материалов и расчете данной системы, трудностей с ее эксплуатацией не возникает. Однако до сих пор основной проблемой является пожарная безопасность навесных вентилируемых фасадов. В статье рассмотрены причины и последствия возгорания навесных вентилируемых фасадов на примерах резонансных пожаров прошлых лет, а также проанализированы риски, возникающие при пожарах данных систем. В результате выявлены оптимальные технологические пути решения, препятствующие возгоранию и распространению пламени по поверхности вентфасада.

Содержание

1. Введение 35
2. Обзор литературы 35
3. Постановка задачи 36
4. Основная часть 36
5. Заключение 40

Контактный автор:
1. +7(921)9215765, lubashka_95@mail.ru (Доброгорская Любовь Вячеславовна, студент)
2. +7(981)8223463, nicealexa@mail.ru (Бушманова Александра Васильевна, студент)
3. +7(904)3360888, mmikhaylovaa@gmail.com (Михайлова Мария Константиновна, студент)
4. +7(911)1022991, dalinchuk_violet@mail.ru (Далинчук Виолетта Сергеевна, студент)

1. Введение

Навесной вентилируемый фасад представляет собой многослойную конструкцию, которая крепится к стене таким образом, чтобы между облицовочной панелью и теплоизоляцией оставался вентиляционный зазор. Широкое применение он приобрел благодаря экономии энергоресурсов, снижению затрат на отопление за счёт предотвращения потерь тепла, длительному безремонтному сроку и т.д.

Навесные вентилируемые фасады используются при реконструкции, а также в новом строительстве зданий и сооружений всех степеней огнестойкости и всех классов конструктивной и функциональной пожарной опасности. Однако ошибки при монтаже и проектировании навесных вентилируемых фасадов иногда приводят к возникновению пожара. В конструкции систем вентилируемых фасадов находят применение влаго-ветрозащитные пленки, алюминиевые композитные панели, утеплители различного класса горючести и т.п., при воздействии на них открытым огнем происходит их возгорание (как следствие, при возникновении пожара они могут способствовать его развитию). Примеры распространения пожаров по фасадам зданий показывают высокую опасность таких пожаров, которые при наличии горючей облицовки имеют значительную скорость распространения [1].

2. Обзор литературы

Широкое применение фасадных систем (ФС), в том числе вентилируемых, способствует совершенствованию архитектурного облика зданий и сооружений. Однако в публикациях [2-5] аргументированно подчеркивается нерешенность проблем обеспечения их пожарной безопасности, отставание противопожарных норм от современных архитектурных и конструктивных решений.

В статьях [6-16] рассматриваются основные проблемы, возникающие при работе с навесными вентилируемыми фасадами (НВФ), одной из них является проблема пожарной безопасности данных систем и применений горючих материалов в их конструкциях.

В настоящее время существует значительный объем публикаций, связанных с тепловлажностным расчетом ограждающих конструкций, посвященный фасадным системам с вентилируемым зазором[18-26], связанный с особенностями конструкций и многообразием типов фасадов, и развитием строительных материалов.

В статье [17] проведен анализ публикаций по пожарной опасности фасадных систем (ФС). Рассмотрены основные элементы современных навесных ФС – каркас, теплоизоляция, гидро-ветрозащита, облицовочные материалы. Приведены основные мероприятия, в том числе компенсирующие, по обеспечению пожарной безопасности.

В статьях [12,35-46] рассмотрены различные конструкции навесных вентилируемых фасадов.

В статье [76-78,80,82-86] описаны результаты энергетического обследования. Проведен анализ состояния энергопотребления, определен класс по энергоэффективности, разработаны рекомендации и потенциальные возможности экономии энергоресурсов и повышения энергоэффективности здания.

В статье [45] рассмотрен вариант определения гидравлически оптимального навесного вентилируемого канала для зданий и сооружений.

В статье [46] модель здания с вентилируемым фасадом был создан с использованием TRNSYS программного инструмента, и параметры воздушного потока были смоделированы с использованием TRNFlow. Результаты, полученные с помощью модели, сравниваются и проверены с экспериментальными данными. Модель позволяет рассчитать спрос на энергию фасада здания, предлагающей и оценке пассивных стратегий.

В статье [47,50,88-93] описывается применение методики определения теплотехнических характеристик вентилируемых фасадных систем вручную и с помощью компьютерного моделирования.

Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции на основе «мокрых» процессов и с вентилируемой воздушной прослойкой рассмотрены в статье [59]. Показано, что в системах теплоизоляции фасадов возможно разрушение теплоизоляционного слоя с течением времени.

В целом, при рассмотрении массива научной литературы, посвященного исследованию НВФ, можно сделать вывод о недостаточном изучении проблемы распространения горения по ФС.

3. Постановка задачи

Цель данной статьи – провести анализ мер пожарной безопасности при строительстве зданий с навесными вентилируемыми фасадами. Необходимо решить ряд задач:

1. Рассмотреть основные характеристики НВФ;
2. Проанализировать причины и последствия возгорания НВФ на примерах резонансных пожаров прошлых лет;
3. Проанализировать риски, возникающие при пожарах НВФ и технологические пути их решения.

4. Основная часть

Одной из уязвимых частей любого здания является фасад: именно он подвергается воздействию окружающей среды. С задачей защиты внешних стен зданий отлично справляются навесные вентилируемые фасады, которые являются последним словом строительных технологий.

Пожарная опасность навесной фасадной системы определяется [71,73]:

- наличием теплового эффекта от горения или термического разложения материалов образца. При этом учитывают только превышения с непрерывной продолжительностью более двух мин и в интервале времени от семи до 35 мин;
- возникновением вторичных источников зажигания непрерывно в течение не менее 5 сек;
- обрушением хотя бы одного элемента конструкции или его части массой 1,0 кг и более, определяемой как произведение плотности материала, площади его обрушения и толщины;
- размером повреждения материалов образца.

Навесной вентилируемый фасад представляет собой комплексную систему и поэтому считать, что причина пожаров кроется только в одном из его элементов, ошибочно. Как правило, причина пожаров – это неправильный подбор материалов этой системы и последующее неосторожное обращение с огнем, например, при санации кровли. В таблице 1 представлены наиболее резонансные пожары, их причины и особенности.

Таблица 1. Резонансные пожары

Событие	Причины возникновения	Особенности и последствия
14.08.2008 Гостиничный комплекс "Беловодье", г. Белокуриха (Россия)	Нарушение техники эксплуатации газосварочного оборудования	- быстрое распространение огня по этажу, переход на крышу за счет облицовки из легковоспламеняющихся материалов; - обрушение крыши на местонахождение пожарных; - появление угрозы перехода огня на другое здание, расположенное в 25-30 метрах от комплекса [68].
08.10.2015 Пожар жилого массива «Атлантис 2», г. Владивосток (Россия)	Нарушение правил проведения огневых работ при ремонте кровли.	- попадание капель горящего битума в воздушный зазор фасада. - из-за открытых внутренних дверей под действием тяги на 14-18 этажах огонь и дым попали через балконное пространство внутрь квартир; - огонь распространялся лавинообразно вниз по фасаду; - горение пенополистирола, образование густого чёрного токсичного дыма [60].
27.02.2009 Пожар в жилом доме, ул. Ивана Бабушкина,	Применение низкокачественных АКП и	- горение алюминиевые композитные панели; горение продолжалось на земле, после падения с 13-этажной высоты [81].

вл. 10, г. Москва (Россия)	ошибки при изготовлении НВФ.	
21.09.2014 Пожар жилого комплекса на ул. Шахтеров, г. Красноярск (Россия)	Проведение сварочных работ без соблюдения техники безопасности.	- падение горящих фрагментов НВФ; - задействованы пожарные вертолеты; - пламя быстро распространилось по вентилируемому фасаду новостройки; - тушение продолжалось более двух часов [48].
31.05.2006 Пожар в многоэтажном здании «Транспорт Тауэр», г. Астана (Казахстан)	Воспламенение горючих материалов, в том числе и мусора от малокалорийного источника огня, например, тлеющей сигареты.	- пожар сопровождался разлетом осколков стекла и горящих кусков отделочных материалов. Территория вокруг была оцеплена в радиусе 150 м; - за три часа выгорело 1200 м^2 жилой конструкции и 600 м^2 – внутренних помещений. Огнем была уничтожена обшивка здания из материала Alucobond. Обшивка вспыхивала плитка за плиткой [94].
06.04.2007 Пожар офисного здания «Дукат-Плейс III» на улице Гашека, г. Москва (Россия)	Короткое замыкание электропроводки	- фасад здания был облицован композитным материалом Alucobond B2, степень горючести которого определяется как Г4 (сильногорючие) [27].
11.02.2008 Горение фасада в строящемся многоэтажном жилом комплексе на 4-й Парковой улице, г. Москва (Россия)	В помещении, приспособленном под раздевалку строителей, из-за неосторожного обращения с огнем произошел пожар.	- въезд на территорию строительства для подъемных механизмов был затруднен, места для установки подъемных механизмов отсутствовали [24].
02.10.2011 Пожар «Дальневосточного университета путей сообщения», г. Хабаровск (Россия)	Кровельные ремонтные работы.	- в результате пожара повреждена обшивка здания, состоящая из алюминия и полимеров, общая площадь составила 100 м^2 [54].
03.04.2013 Пожар в многоэтажном здании комплекса «Грозный-Сити», г. Грозный (Россия)	Короткое замыкание в сплит-системе на внешней стене здания/воспламенение находившихся на кровле здания горючих материалов.	- основными причинами распространения пожара по фасаду явились нарушения при проектировании и монтаже навесной фасадной системы. Облицовка основной плоскости фасада была выполнена из кассет коробчатого типа из окрашенного листа алюмокомпозитного горючего материала «Alucobond», имеющего группу горючести Г2–Г4 [26].
31.12.2015	Причина пожара была похожа на взрыв, так как по описаниям свидетелей,	- сопровождение пожара разлетом осколков стекла и горящих кусков отделочных материалов [23].

Пожар в отеле» Address Downtown», г. Дубай (ОАЭ)	огонь разбил стеклянный фасад здания и вырвался из квартиры.	
09.02.2009 Пожар в строящемся 40-этажном здании высотой 159 м, входящем в новый комплекс Центрального телевидения Китая, г. Пекин (Китай)	Искра (возможно от запускаемых фейерверков)	- быстрому распространению пожара способствовало то, что фасад был облицован материалом, содержащим экструзионный пенополистирол [23].
15.11.2010 Пожар в 28-этажном жилом здании, г. Шанхай (Китай).	Нарушение техники безопасности при проведении сварочных работ. Дом загорелся из-за сварочной искры, которая попала на нейлоновую сетку, закрывавшую здание.	- вокруг фасадов здания были установлены строительные леса, на которых проводился ремонт фасадов. Пожар начался на этих лесах в результате загорания горючих строительных материалов [23,28].
14.02.2005 Пожар в 32-этажном небоскребе "Виндзор" высотой 106 метров, г. Мадрид (Испания).	Возгорание началось на 21-м этаже, по оценкам, от короткого замыкания.	-наличие светопрозрачного фасада с большими проемами в ограждениях и отсутствие в здании огнестойких стекол способствовали распространению пожара на верхние этажи. - развитие пожара стало следствием неверных действий персонала, служащие пытались самостоятельно потушить пожар [23,27].

На основе анализа причин, особенностей и последствий резонансных пожаров, выявлены наиболее опасные факторы риска, найдены оптимальные технологические пути решения. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Факторы риска при возгорании ФС

Факторы риска	Технические пути решения
Сильное задымление (густой черный едкий дым, выделяющийся при горении утеплителя).	- снижение уровня выделения дыма может быть достигнуто путем установки автоматических спринклерных головок и ограничением использования горючих материалов в здании или в конструкции пола [95,96]; - дымоудаление может осуществляться путем вытяжки дыма из атриума как с помощью зенитных проемов, так и путем устройства системы вытяжной вентиляции, что позволяет снизить концентрацию дыма в верхней зоне и ограничить его распространение в другие (смежные) помещения и т.п. [41,95]; - ограничение использования утеплителя: пенополистирол — до 12 этажей, минеральные и силикатные системы — до 25 этажей.

Горючие материалы, входящие в состав системы НВФ. (Огонь распространялся по фасадам, которые были облицованы АКП, имеющими группы горючести Г4).	- в навесных фасадных системах следует применять только композитные панели, которые успешно прошли огневые испытания в составе навесных фасадных систем [32-33,69]; - при применении в ограждающих конструкциях горючих утеплителей оконные и другие проемы по периметру следует обрамляются полосами шириной не менее 200 мм из минераловатного негорючего утеплителя плотностью не менее 80-90 кг/м; - ограничение использования утеплителя: пенополистирол — до 12 этажей, минеральные и силикатные системы — до 25 этажей.
Воздушный зазор, создающий эффект тяги, способствующий увеличению скорости распространения пламени по фасаду здания.	- устройство через каждые 6-9 м вдоль всего периметра здания стальных горизонтальных рассечек, выполненных из тонколистовой стали толщиной не менее 0,55 мм, перекрывающих воздушный зазор и препятствующих падению горящих капель расплава пленки в случае возможного пожара [74]; -точный расчет толщины воздушного зазора
Пожарная опасность при использовании влаго-ветрозащитных мембран.	- при применение влаго-ветрозащитных мембран в сочетании с минераловатными плитами, имеющими "кэшированную" внешнюю поверхность, строго запрещается [97]; - в связи с этим, при проектировании НВФ, от ветрозащитной пленки необходимо либо полностью отказаться в пользу более совершенной теплоизоляции, либо использовать исключительно негорючую мембрану; - устройство противопожарного короба; -по высоте здания с определенным шагом необходима установка горизонтальных противопожарных отсечек вентилируемого фасада.
Обрушение облицовочных материалов в зону эвакуации людей. Вылет стекла из оконных проемов в зону эвакуации.	- установка над эвакуационными выходами из зданий навесов или козырьков из негорючих материалов. Указанные конструкции должны перекрывать всю ширину соответствующего выхода. Длина вылета навеса от плоскости фасада должна составлять не менее 1,2 м при высоте здания до 15 м и не менее 2 м при высоте более 15 метров [29]; - увеличение количества клямперов вблизи оконных проемов; - обеспечение крепления кронштейнов фасадных систем непосредственно к плитам перекрытий; - применение поясов из пожаростойкого остекления на высоту этажа выше и ниже противопожарного перекрытия, включая применение огнестойких полимерных пленок.
Монтажные, сварочные, ремонтные работы.	- использование стальных элементов защиты по контуру оконных проемов; - проектирование противопожарных отсечек оконных проемов. При расстоянии между проемами по высоте менее 1,2 м, противопожарные отсечки выполняются по всему периметру окна. При расстоянии более 1,2 м – нижняя горизонтальная отсечка не монтируется.

Несоблюдение нормируемого расстояния между зданиями. Отсутствие пожарных проездов	- применение противопожарных занавесов; - при проектировании проездов обеспечить возможность проезда пожарных машин к зданиям комплекса со всех сторон.

5. Заключение

По результатам проведенного обзора, можно выделить следующие основные проблемы систем с навесным вентилируемым фасадом в области пожарной безопасности:

1. Расчет необходимого вентилируемого зазора: при проектировании стен с вентилируемой воздушной прослойкой расчет должен проводиться в соответствии с требованиями СНиП, СП, технических регламентов и иными обязательными требованиями, предъявляемыми к данному виду расчета [29,73,103];
2. Подбор качественных сертифицированных материалов: необходимо проведение испытания на пожарную опасность по методикам и на соответствие требованиям, изложенным в существующих стандартах [29,33,69,109,111,112]. Также следует производить огнезащитную обработку несущих конструкций, деревянных конструкций кровли и чердачных помещений;
3. Эвакуационные пути и выходы: следует обеспечить возможность подъезда/проезда пожарных подразделений к зданию для осуществления эвакуации людей и тушения пожара. Следить за исправностью состояния систем автоматической пожарной сигнализации и систем оповещения людей при пожаре, эвакуационные пути и выходы должны быть запроектированы и расположены в соответствии с требованиями СНиП, СП, технических регламентов и иными обязательными требованиями [29, 98-108,110];
4. Дымоудаление: необходимо запроектировать эффективную систему дымоудаления здания/сооружения [95,96,103], предусмотреть возможность размещения и использования оборудования противодымной защиты[113], противодымных экранов;
5. Некачественный монтаж: на этапе конструкторской разработки элементов НФС необходимо предусматривать технические решения, которые исключали бы ошибки монтажа и обеспечивали качественное выполнение строительных работ. Должен осуществляться первичный контроль качества монтажа, затем работу должен принимать специалист по контролю качества.

В настоящее время существуют определенные проблемы с обобщением и анализом накопленного опыта для определения нормативных требований к фасадным конструкциям. Применение НВФ при реконструкции, а также в новом строительстве зданий и сооружений – комплексная задача. Четкой законодательной базы, регулирующей нормы проектирования, использования и монтажа вентилируемых фасадов нет. Нельзя говорить об отсутствии каких-либо нормативных документов в этой сфере, однако все они разрозненны и посвящены отдельным частям данной конструктивной системы и мероприятиям, связанным с ее использованием.

Таким образом, необходим новый свод правил, посвященный проектированию, использованию и монтажу НВФ исходя из критериев прочности, деформативности, теплозащиты, звукоизоляции, пожаробезопасности, долговечности и т.д.

Проектная документация для устройства навесных фасадных систем (НФС), помимо собственно чертежей фасадов, должна включать следующие документы: прочностные расчеты конструкций НФС; теплофизические расчеты ограждающих стеновых конструкций с учетом устройства конструкций НФС; заключение по определению долговечности НФС; заключение по пожарной безопасности с указанием фактических значений пределов огнестойкости и классов конструктивной пожарной опасности запроектированных конструкций НФС на конкретном здании; чертежи узлов НФС; монтажные схемы НФС; спецификации элементов и конструкций НФС; документы (протоколы испытаний, экспертные заключения и т. д.) подтверждающие пригодность элементов (утеплитель, облицовочные материалы и т. д.) для применения в конструкциях НФС и т.д.

Литература

[1]. Противопожарные требования при применении в строительстве систем фасадных теплоизоляционных композиционных с наружными защитно-декоративными штукатурными слоями. (Рекомендации). М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2014. 55 с.

[2]. Мешалкин Е. А. Обеспечение пожарной безопасности многофункциональных зданий // Строительная безопасность, М., РИА «Индустрия безопасности». 2006. С. 124–126.

[3]. Вентилируемые фасады “ВЕНТИ БАТТС Д” // Красная линия. 2006. №14. С.31.

[4]. Медведев В.А. Навесные фасады: коррозионная стойкость обязательна // Красная линия. 2006. №14. С.30.

[5]. Новые возможности систем вентилируемых фасадов серии КТС “Каптехнострой” // Стройпрофиль. 2006. № 1(47). С.49-52.

[6]. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. №5(15). С. 7-11.

[7]. Машенков А. Н., Чебурканова Е. В. Натурный эксперимент на стенде с навесным фасадом системы U-kon // Технологии строительства. 2006. № 7(48). С. 30–31.

[8]. Самар А.П., Онохов Е.Ю., Холупова О.В. Исслдеование пожарной безопасности зданий с навесными фасадами // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2013. №1. С. 353-362.

[9]. Обухова А.А. Навесные вентилируемые фасады: проблемы состояния нормативов и вопросы применения некоторых материалов // Вестник магистратуры.2015. №6-1(45). С. 63-64.

[10]. Самар А.П., Холупова О.В. Исследование пожарной безопасности утеплений зданий // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2014. Том 3. С. 379-384.

[11]. Воробьев В.Н. Навесные фасадные системы: проблемы безопасности // Монография. 2011. 69 с.

[12]. María José Suáreza, Cristina Sanjuanb, Antonio José Gutiérreza, Jorge Pistonoa, Eduardo Blancoa .Energy evaluation of an horizontal open joint ventilated façade// Applied Thermal Engineering, Volume 37.2012. P. 302-313.

[13]. Хасанов И.Р., Молчадский И.С., Гольцов К.Н., Пестрицкий А.В. Пожарная опасность навесных фасадных систем//ФГУ ВНИИПО МЧС России; ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. 2006. № 5. С. 36-47.

[14]. Хасанов И.Р. Тепловые воздействия на наружные конструкция при пожаре//Пожарная безопасность. 2013. С. 16-26.

[15]. Якубов С. Вентилируемые фасады и пожарная безопасность//Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. № 12 (132). С. 86-87.

[16]. Kozioł S., Zbrowski A. The method for increasing the safety of the buildings by application of heat recuperation in the fighting ventilation systems//Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2012. Т. 27. С. 39-45.

[17]. Мешалкин Е.А. Пожарная безопасность навесных вентилируемых фасадов // Пожарная безопасность в строительстве. 2011. №3. С. 40-47.

[18]. Ватин Н.И., Голуб И.С., Нечаева Н.Ю. Силикатный кирпич в фасадных системах с воздушным зазором // СтройПРОФИль. 2008. № 5(67). С. 47-49.

[19]. Машенков А.Н. Исследование воздушного режима навесных вентилируемых фасадов на экспериментальном стенде U-kon // Лучшие фасады и кровли. 2009. № 1(21). С. 10-13.

[20]. Nizovtsev M.I., Belyib, V.T., Sterlygov A.N. The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings. Energy and Buildings. 2014. Vol. 75. Pp. 60–69.

[21]. Яворский А.А., Киселев С.А. Анализ надежности фасадных теплоизоляционно-отделочных систем с вентилируемым воздушным зазором // Приволжский научный журнал. 2012. №4 (24). С. 80-84.

[22]. Лапин В.Г., Лапин С.В. Расчет конвективного движения воздуха в канале вентилируемого фасада при наличии горизонтальных щелей между плитками облицовки // Приволжский научный журнал. 2012. №2 (22). С. 85–92.

[23]. Сапегина Е. А. Энергоэффективность системы навесного фасада с воздушным вентилируемым зазором: дисс.магистра техники и технологии: защищена 17.06.09 // ГОУ СПбГПУ, кафедра «Технология, организация и экономика строительства».

[24]. http://old.rian.ru/incidents/20080211/98900071.html

[25]. Явтушенко Е.Б., Петроченко М.В. Диффузорная конструкция навесного вентилируемого фасада//Инженерно-строительный журнал. 2013. №8 (43). С. 38-45.

[26]. Li J., Chow Y. Heat transfer and air movement behaviour in a double-skin facade. Centre for Sustainable Energy Technologies. 2014. Pp. 130-139.

[27]. http://www.himpark.ru/s-rasprostranenie-ognya-po-naruzhnym.html

[28]. http://www.secuteck.ru/newstext.php?news_id=107057

[29]. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

[30]. СП 2.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

[31]. СНиП 21-01-97* «Пожарная безопасность зданий и сооружений».

[32]. ГОСТ 30247 «Конструкции строительные. Методы испытания на огнестойкость».

[33]. ГОСТ 30403 «Конструкции строительные. Метод определения пожарной опасности».

[34]. http://www.himpark.ru/s-rasprostranenie-ognya-po-naruzhnym.html

[35]. А.Д. Жуков А.Д. Системы вентилируемых фасадов // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2012. № 1.

[36]. Жукова Е.А., Чугунков А.В., Рудницкая В.А. Системы фасадной отделки // Научно-практический Интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование». 2011. № 1.

[37]. Малый И.Н.,Пахомова С.А . Вентилируемый фасад жилых зданий системы «Полиалпан» // Саратовский государственый технический университет имени Гагарина Ю.А. 2012. № 2. С. 168-170.

[38]. Ахмяров Т.А., Спиридов А.В., Шубин И.Л. Новые решения для светопрозразных конструкций//Светотехника. 2015. С. 51-56.

[39]. Турчаненко А.К., Смирнов С.И. Особенности проектирования трёхслойных ограждающих конструкций//Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. С.108-122.

[40]. Собитова К.С., Ожищенко О.А., Савицкий Н.В. Анализ существующих систем теплоизоляционной отделки//Вісник придніпровської державної академії будівництва та архітектури. 2013. С.59-64.

[41]. Евтушенко А.И., Чурикова А.В. Современные отделочные материалы, используемые при возведении высотных зданий//Строительство и архитектура-2015. 2015. С.325-327.

[42]. Рязанова Г.Н., Нетишина К.А. Анализ существующих систем вентилируемых фасадов//Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство. 2016. С.287-289.

[43]. Емельянова В.А., Немова Д.В., Мифтахова Д.Р. Оптимизированная конструкция навесного вентилируемого фасада//Инженерно-строительный журнал. 2014. № 6 (50). С. 53-66.

[44]. Ветрова Г. Вентфасады: типичные ошибки при устройстве и проектировании фасадов с минераловатными утеплителями//Кровельные и изоляционные материалы. 2015. № 2. С. 24-26.

[45]. Gaillard L., Giroux-Julien S., Menezo C., Pabiou H. Experimental evaluation of a naturally ventilated PV double-skin building envelope in real operating conditions. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications. 2012. 5 p.

[46]. Feng, X.,Yang, H., Feng, X.Y.,Jin, F.Y.,Xia, G.Q. A review of research development of ventilated double-skin façade. Applied Mechanics and Materials. 2014. Pp. 709-713

[47]. Víctor Manuel Soto Francésa, Emilio José Sarabia Escrivaa, José Manuel Pinazo Ojera, Emilie Bannierb, Vicente Cantavella Solerb, Gonzalo Silva Morenob. Modeling of ventilated façades for energy building simulation software// Energy and Buildings. 2013.P. 419-428.

[48]. http://newsrw.com/proisshestviya/pozhar-v-krasnoyarske-sejchas-21-09-2014-video-1242.html

[49]. Дыма без огня не бывает // Технологии строительства. – 2007. – № 6(54).

[50]. Dagnall M., Window A., Leung A., Thompson D. Analytical assessment of thermal performance of a ventilated glazed facade system // Proceedings of Building Simulation: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 2011, 14–16 November. Pp. 808–815.

[51]. Умнякова Н.П. Особенности эксплуатации конструкции вентфасадов в крупных мегаполисах//

[52]. «Academia. Архитектура и строительство». 2010. № 3. С. 315-323.

[53]. Yilmaz T., Gilchrist A. Temperature and velocity field characteristics of turbulent natural convection in a vertical parallel-plate channel with asymmetric heating // Heat Mass Transfer. 2007. Vol. 43. Issue 7. Pp. 707–719.

[54]. http://vfasade.blogspot.ru/2013/06/no-fire.html

[55]. http://m2teh.ru/text.php?id=13&type=vitr

[56]. Carolina Aparicio-Fernándeza, José-Luis Vivancosa, Pablo Ferrer-Gisbertc, Rafael Royo-Pastord.Energy performance of a ventilated façade by simulation with experimental validation// Energy performance of a ventilated façade by simulation with experimental validation.2014.P.563-570.

[57]. Кирюдчева А.Е.,Шишкина В.В. Энергоэффектиные фасадные системы// ФГАОУ ВО « Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». 2015 . № 4 (31). С. 248-262.

[58]. Стрельникова К.А.,Тимохин Д.К. Проблема повышения энергоэффективности вентилируемого фасада здания и современные технологии//ФГБОУ ВПО « Саратовский государственный техничекий университет им. Ю.А.Гагарина. 2015. № 9. С. 115-119.

[59]. Туснина В.М,Емельянов А.А,Грановский А.В. Пути повышения сейсмостойкости вентилируемых фасадных систем//ФГБОУ ВПО « Московский государственный строительный университет»; ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко ОАО « НИЦ «Строительство». 2014. № 11. С. 63-66.

[60]. Ершов М.Н., Бабий И.Н., Менейлюк И.А Анализ технологический особенностей применения фасадных систем теплоизоляции//МГСУ; Одесская государственная академия строительства архитектуры; Киевский национальный университет строительства и архитектуры.2015 . № 4-1 (9). С. 43-47.

[61]. http://www.penostroy.ru/photo/7/0/68.html

[62]. G. Gan, Simulation of buoyancy-induced flow in open cavities for natural ventilation, Energy and Buildings 38 (2006) 410–420.

[63]. R. Fuliotto, F. Cambuli, N. Mandas, N. Bacchin, G. Manara, Q. Chen, Experimental and numerical analysis of heat transfer and airflow on an interactive building facade, Energy and Buildings 42 (2010) 23–28

[64]. M. Jerman, R. Cerny, Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials, Energy and Buildings 53 (2012) 39–46.

[65]. C. Suareza, P. Joubertb, J.L. Molinaa, F.J. Sanchezca, Heat transfer and mass flow correlations for ventilated facades, Energy and Buildings 43 (2011) 3696–3703

[66]. V. Serra, F. Zanghirella, M. Perino, Experimental evaluation of a climate facade: energy efficiency and thermal comfort performance, Energy and Buildings 42 (2010) 50–62.

[67]. D. Zirkelbach, Th. Schmidt, H.M. Kunzel, M. Kehrer, Ch. Bludau, WIFI 2D Installation and Introduction, Fraunhofer Institute of Building Physics, 2007.

[68]. А.С. Горшков, Д.Ю. Попов.Конструктивное исполнение вентилируемого фасада повышенной надежности// Инженерно-строительный журнал. – 2010. – №8(18). – С. 5-9.

[69]. http://wiki-fire.org/Тушение-пожаров-в-зданиях-с-навесными-вентилируемыми-фасадами.ashx

[70]. ГОСТ 30244-94 "Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть".

[71]. Ахмяров Т.А., Спиридов А.В., Шубин И.Л. Принципы проектирования и оценки наружных ограждающих конструкций с использованием современных технологий «активного» энергосбережения и рекуперации теплового потока //Жилищное строительство. 2014. С. 8-13.

[72]. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

[73]. Козодаева С.А., Гойкалов А.Н. Оценка современных способов проектирования ограждающих конструкций жилых зданий//Научный вестник воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: высокие технологии. Экология. 2014. С.58-62.

[74]. СП 23-101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий».

[75]. http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=459

[76]. Беляев В.С. Энергосбережение при выборе светопрозрачных наружных ограждений//Жилищное строительство. 2014. С.6-11.

[77]. Романенко Е.Ю. Повышение энергетической эффективности ограждающих конструкций –путь повышения эффективности эксплуатации зданий и сооружений//Инженерный вестник дона. 2013. С. 255.

[78]. M.I. Nizovtseva, V.T. Belyib, A.N. Sterlygova.The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings//Energy and buildings.2014.P.60-69.

[79]. Липко В.И., Широкова О.Н., Лапезо А.С. Инновационная модернизация отопительно-вентиляционных устройств эжекторного типа для малоэтажных зданий//Архитектура, строительство, транспорт. 2015. С.337-341.

[80]. Афанасьев А.А., Жунин А.А. Индустриальная технология возведения энергоэффективных ограждающих конструкций //Технология и организация строительного производства. 2014. № 2. С. 28-30.

[81]. http://prawdom.ru/dom.php?hm=ivanababushkina77_10

[82]. Стаценко Е.А,Островская А.Ф,Киселев С.С. Вентилируемые стеклянные фасады. Параметры воздушного зазора// Строительство уникальных зданий и сооружений .2015 . № 12 (39). С. 32-42.

[83]. Дёмина Л.А. Энергосберегающие технологии в городском хозяйстве//Энергия: экономика, техника, экология. 2011. №4. С. 19-24.

[84]. 84. D. V. Nemova, D. S. Tarasova, A.A. Staritsyna,A.V. Nefedorova Results of educational building's inspection// Строительство уникальных зданий и сооружений. 8 (13). 2013. 1-11.
75. Явтушенко Е.Б. Основы гидравлического расчета навесных вентилируемых фасадов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. №2(7). С. 55–61

[85]. Bai, G., Gong, G. Research on passive solar ventilation and building self-sunshading. International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring. 2011. Pp. 950-953.

[86]. Голованова Л.А., Блюм Е.Д. Энергоэффективные строительные конструкции технологии//Ученые заметки ТОГУ. 2014. С.71-77.

[87]. http://sivator.com/101-pozhar-v-vysotke-groznyy-siti-v-g-groznom.html

[88]. Туснина О.А.,Емельянов А.А.,Туснина В.М.Теплотехнческие свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов.2013.№ 8 (43). С. 54-63.

[89]. Туснина О.А., Емельянов А.А., Туснина В.М. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов//Инженерно-строительный журнал. 2013. №8(43). С. 54-63.

[90]. Yang H., Feng X., Xia G., Wan Q. Experimental study on impact of ventilated double-skin facade on the indoor thermal environment in winter. International Symposium on Heating, Ventilation, and Air Conditioning. 2013. Pp. 721-724.

[91]. Jiru, T.E., Tao, Y.X., Haghighat, F. Airflow and heat transfer in sustainable building components-double-skin facades. 14th International Heat Transfer Conference. 2010. Pp. 93-100.

[92]. Syed, F., Willoughby, T. Analyzing double skin Facade for global climate regions. World Energy Engineering Congress. 2011. Pp. 1538-1540.

[93]. Haase, M., Amato, A. Simplified convective heat transfer in vertical airflow regimes with shading device. 6th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids. 2010. Pp. 665-670.

[94]. http://danil-dali.narod.ru/pressa.html

[95]. Расчетное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий: методические рекомендации. -М.: ФГУ ВНИИПО МЧС РФ, 2013.

[96]. Расчет параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий: рекомендации АВОК 5.5.1-2012. -М.: НП АВОК, 2012.

[97]. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Лушин К.И., Пастушков П.П. К вопросу о применении ветрогидрозащитных мембран в навесных фасадных системах с вентилируемой воздушной прослойкой//Научно-технический вестник Поволжья. 2013. № 3. С. 120-122.

[98]. СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы».

[99]. СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах. Требования пожарной безопасности».

[100]. СП 4.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объекты защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям».

[101]. СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».

[102]. СП 6.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности».

[103]. СП 7.13130.2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования».

[104]. СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности».

[105]. СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации».

[106]. СП 10.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности».

[107]. СП 11.13130.2009 «Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения».

[108]. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

[109]. Еремина Т.Ю., Гравит М.В., Дмитриева Ю.Н. Средства огнезащиты строительных конструкций. Анализ общих положений российских и европейских нормативных документов//Архитектура и строительство России. 2012. №8. С.24-29.

[110]. Гравит М.В. Новый стандарт, регламентирующий распространение результатов испытаний на огнестойкость для светопрозрачных ограждающих ненесущих конструкций//Научный форум с международным участием "Неделя науки СПБПУ". 2015. С.48-51.

[111]. Ламкин О.Б., Гравит М.В., Недрышкин О.В . Экспериментальные и теоретические исследования показателей пожарной опасности фасадной системы «Техноком»// Строительство уникальных зданий и сооружений . 2015. С.49-65.

[112]. Гравит М.В.Распространение результатов испытаний на огнестойкость светопрозрачных ограждающих ненесущих конструкций//Пожаровзывобезопасность.2014.С.42-45.

[113]. Хасанов И.Р.,Гравит М.В.,Косачев А.А.,Пехотиков А.В.,Павлов В.В. Гармонизация европейских и российских нормативных документов ,устанавливающих общие требования к методам испытаний на огнестойкость строительных конструкций и применению температурных режимов ,учитывающих реальные условия пожара//Пожаровзывобезопасность.2014.С.49-57.

[114]. ГОСТ 30402-96 «Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость».

[115]. ГОСТ Р 51032-97 «Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени».

[116]. ГОСТ Р 53302-2009 «Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Метод испытаний на огнестойкость».

Measures to prevent fires ventilated facades

L.V. Dobrogorskaya[1], A.V. Bushmanova[2], M.K. Mikhaylova[3], V.S. Dalinchuk[4]

[1-3] Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO	**Articlehistory**	**Keywords**
overview article	Received 17.05.2016	ventilated facades; insulation; frame building construction; Walling; fire safety;
doi:		

ABSTRACT

Nowadays hinged ventilated facades are actively used in reconstruction and the construction of new buildings everywhere in Russia. If a system of hinged ventilated facades is calculated and assembled correctly and the materials are properly selected, there shouldn't be any trouble in the implementation of the system. However, a main problem of usage of the hinged ventilated facades is its fire safety. This paper presents causes and consequences of hinged ventilated facades ignition via examples of high-profile fires in former years. The risks associated with these systems in regards to fire were also analyzed. As a result, optimal technological solutions impeding ignition and spread of fire on the surface of the hinged ventilated facades were found.

Corresponding author:
1. +7(921)9215765, lubashka_95@mail.ru (Luibov Dobrogorskaya, Student)
2. +7(981)8223463, nicealexa@mail.ru (Aleksandra Bushmanova, Student)
3. +7(904)3360888, mmikhaylovaa@gmail.com (Maria Mikhaylova, Student)

Доброгорская Л.В., Бушманова А.В., Михайлова М.К., Далинчук В.С., Меры предотвращения пожаров навесных вентилируемых фасадов /
Dobrogorskaya L.V., Bushmanova A.V., Mikhaylova M.K. Dalinchuk V.S., Measures to prevent fires ventilated facades. ©

4. +7(911)1022991, dalinchuk_violet@mail.ru (Violetta Dalinchuk, Student)

References

[1]. Protivopozharnyye trebovaniya pri primenenii v stroitelstve sistem fasadnykh teploizolyatsionnykh kompozitsionnykh s naruzhnymi zashchitno-dekorativnymi shtukaturnymi sloyami. (Rekomendatsii). M.: FGBU VNIIPO MChS Rossii, 2014. 55 s.

[2]. Meshalkin Ye. A. Obespecheniye pozharnoy bezopasnosti mnogofunktsionalnykh zdaniy // Stroitelnaya bezopasnost, M., RIA «Industriya bezopasnosti». 2006. S. 124–126.

[3]. Ventiliruyemyye fasady “VENTI BATTS D” // Krasnaya liniya. 2006. №14. S.31.

[4]. Medvedev V.A. Navesnyye fasady: korrozionnaya stoykost obyazatelna // Krasnaya liniya. 2006. №14. S.30.

[5]. Novyye vozmozhnosti sistem ventiliruyemykh fasadov serii KTS “Kaptekhnostroy” // Stroyprofil. 2006. № 1(47). S.49-52.

[6]. Nemova D.V. Navesnyye ventiliruyemyye fasady: obzor osnovnykh problem // Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2010. №5(15). S. 7-11.

[7]. Mashenkov A. N., Cheburkanova Ye. V. Naturnyy eksperiment na stende s navesnym fasadom sistemy U-kon // Tekhnologii stroitelstva. 2006. № 7(48). S. 30–31.

[8]. Samar A.P., Onokhov Ye.Yu., Kholupova O.V. Issldeovaniye pozharnoy bezopasnosti zdaniy s navesnymi fasadami // Dalniy Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitelnogo kompleksa. 2013. №1. S. 353-362.

[9]. Obukhova A.A. Navesnyye ventiliruyemyye fasady: problemy sostoyaniya normativov i voprosy primeneniya nekotorykh materialov // Vestnik magistratury.2015. №6-1(45). S. 63-64.

[10]. Samar A.P., Kholupova O.V. Issledovaniye pozharnoy bezopasnosti utepleniy zdaniy // Novyye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU. 2014. Tom 3. S. 379-384.

[11]. Vorobyev V.N. Navesnyye fasadnyye sistemy: problemy bezopasnosti // Monografiya. 2011. 69 s.

[12]. María José Suáreza, Cristina Sanjuanb, Antonio José Gutiérreza, Jorge Pistonoa, Eduardo Blancoa .Energy evaluation of an horizontal open joint ventilated façade// Applied Thermal Engineering, Volume 37.2012. P. 302-313.

[13]. Khasanov I.R., Molchadskiy I.S., Goltsov K.N., Pestritskiy A.V. Pozharnaya opasnost navesnykh fasadnykh sistem//FGU VNIIPO MChS Rossii; TsNIISK im. V.A. Kucherenko. 2006. № 5. S. 36-47.

[14]. Khasanov I.R. Teplovyye vozdeystviya na naruzhnyye konstruktsiya pri pozhare//Pozharnaya bezopasnost. 2013. S. 16-26.

[15]. Yakubov S. Ventiliruyemyye fasady i pozharnaya bezopasnost//Santekhnika, otopleniye, konditsionirovaniye. 2012. № 12 (132). S. 86-87.

[16]. Kozioł S., Zbrowski A. The method for increasing the safety of the buildings by application of heat recuperation in the fighting ventilation systems//Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza. 2012. T. 27. S. 39-45.

[17]. Meshalkin Ye.A. Pozharnaya bezopasnost navesnykh ventiliruyemykh fasadov // Pozharnaya bezopasnost v stroitelstve. 2011. №3. S. 40-47.

[18]. Vatin N.I., Golub I.S., Nechayeva N.Yu. Silikatnyy kirpich v fasadnykh sistemakh s vozdushnym zazorom // StroyPROFII. 2008. № 5(67). S. 47-49.

[19]. Mashenkov A.N. Issledovaniye vozdushnogo rezhima navesnykh ventiliruyemykh fasadov na eksperimentalnom stende U-kon // Luchshiye fasady i krovli. 2009. № 1(21). S. 10-13.

[20]. Nizovtsev M.I., Belyib, V.T., Sterlygov A.N. The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings. Energy and Buildings. 2014. Vol. 75. Pp. 60–69.

[21]. Yavorskiy A.A., Kiselev S.A. Analiz nadezhnosti fasadnykh teploizolyatsionno-otdelochnykh sistem s ventiliruyemym vozdushnym zazorom // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. 2012. №4 (24). S. 80-84.

[22]. Lapin V.G., Lapin S.V. Raschet konvektivnogo dvizheniya vozdukha v kanale ventiliruyemogo fasada pri nalichii gorizontalnykh shcheley mezhdu plitkami oblitsovki // Privolzhskiy nauchnyy zhurnal. 2012. №2(22). S. 85–92.

[23]. Sapegina Ye. A. Energoeffektivnost sistemy navesnogo fasada s vozdushnym ventiliruyemym zazorom: diss.magistra tekhniki i tekhnologii: zashchishchena 17.06.09 // GOU SPbGPU, kafedra «Tekhnologiya, organizatsiya i ekonomika stroitelstva».

[24]. http://old.rian.ru/incidents/20080211/98900071.html

[25]. Yavtushenko Ye.B., Petrochenko M.V. Diffuzornaya konstruktsiya navesnogo ventiliruyemogo fasada//Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. №8 (43). S. 38-45.

[26]. Li J., Chow Y. Heat transfer and air movement behaviour in a double-skin facade. Centre for Sustainable Energy Technologies. 2014. Pp. 130-139.

[27]. http://www.himpark.ru/s-rasprostranenie-ognya-po-naruzhnym.html

[28]. http://www.secuteck.ru/newstext.php?news_id=107057

[29]. Federalnyy zakon ot 22.07.2008 №123-FZ "Tekhnicheskiy reglament o trebovaniyakh pozharnoy bezopasnosti"

[30]. SP 2.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoy zashchity. Obespecheniye ognestoykosti obyektov zashchity».

[31]. SNiP 21-01-97* «Pozharnaya bezopasnost zdaniy i sooruzheniy».

[32]. GOST 30247 «Konstruktsii stroitelnyye. Metody ispytaniya na ognestoykost».

[33]. GOST 30403 «Konstruktsii stroitelnyye. Metod opredeleniya pozharnoy opasnosti».

[34]. http://www.himpark.ru/s-rasprostranenie-ognya-po-naruzhnym.html

[35]. A.D. Zhukov A.D. Sistemy ventiliruyemykh fasadov // Nauchno-prakticheskiy Internet-zhurnal «Nauka. Stroitelstvo. Obrazovaniye». 2012. № 1.

[36]. Zhukova Ye.A., Chugunkov A.V., Rudnitskaya V.A. Sistemy fasadnoy otdelki // Nauchno-prakticheskiy Internet-zhurnal «Nauka. Stroitelstvo. Obrazovaniye». 2011. № 1.

[37]. Malyy I.N.,Pakhomova S.A . Ventiliruyemyy fasad zhilykh zdaniy sistemy «Polialpan» //Saratovskiy gosudarstvenyy tekhnicheskiy universitet imeni Gagarina Yu.A. 2012. № 2. S. 168-170.

[38]. Akhmyarov T.A., Spiridov A.V., Shubin I.L. Novyye resheniya dlya svetoprozraznykh konstruktsiy//Svetotekhnika. 2015. S. 51-56.

[39]. Turchanenko A.K., Smirnov S.I. Osobennosti proyektirovaniya trekhsloynykh ograzhdayushchikh konstruktsiy//Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2014. S.108-122.

[40]. Sobitova K.S., Ozhishchenko O.A., Savitskiy N.V. Analiz sushchestvuyushchikh sistem teploizolyatsionnoy otdelki//Visnik pridniprovskoї derzhavnoї akademiї budivnitstva ta arkhitekturi. 2013. S.59-64.

[41]. Yevtushenko A.I., Churikova A.V. Sovremennyye otdelochnyye materialy, ispolzuyemyye pri vozvedenii vysotnykh zdaniy//Stroitelstvo i arkhitektura-2015. 2015. S.325-327.

[42]. Ryazanova G.N., Netishina K.A. Analiz sushchestvuyushchikh sistem ventiliruyemykh fasadov//Traditsii i innovatsii v stroitelstve i arkhitekture. Stroitelstvo. 2016. S.287-289.

[43]. Yemelyanova V.A., Nemova D.V., Miftakhova D.R. Optimizirovannaya konstruktsiya navesnogo ventiliruyemogo fasada//Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2014. № 6 (50). S. 53-66.

[44]. Vetrova G. Ventfasady: tipichnyye oshibki pri ustroystve i proyektirovanii fasadov s mineralovatnymi uteplitelyami//Krovelnyye i izolyatsionnyye materialy. 2015. № 2. S. 24-26.

[45]. Gaillard L., Giroux-Julien S., Menezo C., Pabiou H. Experimental evaluation of a naturally ventilated PV double-skin building envelope in real operating conditions. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications. 2012. 5 p.

[46]. Feng, X.,Yang, H., Feng, X.Y.,Jin, F.Y.,Xia, G.Q. A review of research development of ventilated double-skin façade. Applied Mechanics and Materials. 2014. Pp. 709-713

[47]. Víctor Manuel Soto Francésa, Emilio José Sarabia Escrivaa, José Manuel Pinazo Ojera, Emilie Bannierb, Vicente Cantavella Solerb, Gonzalo Silva Morenob. Modeling of ventilated façades for energy building simulation software// Energy and Buildings. 2013.P. 419-428.

[48]. http://newsrw.com/proisshestviya/pozhar-v-krasnoyarske-sejchas-21-09-2014-video-1242.html

[49]. Dyma bez ognya ne byvayet // Tekhnologii stroitelstva. – 2007. – № 6(54).

[50]. Dagnall M., Window A., Leung A., Thompson D. Analytical assessment of thermal performance of a ventilated glazed facade system // Proceedings of Building Simulation: 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, 2011, 14–16 November. Pp. 808–815.

[51]. Umnyakova N.P. Osobennosti ekspluatatsii konstruktsii ventfasadov v krupnykh megapolisakh//

[52]. «Academia. Arkhitektura i stroitelstvo». 2010. № 3. S. 315-323.

[53]. Yilmaz T., Gilchrist A. Temperature and velocity field characteristics of turbulent natural convection in a vertical parallel-plate channel with asymmetric heating // Heat Mass Transfer. 2007. Vol. 43. Issue 7. Pp. 707–719.

[54]. http://vfasade.blogspot.ru/2013/06/no-fire.html

[55]. http://m2teh.ru/text.php?id=13&type=vitr

[56]. Carolina Aparicio-Fernándeza, José-Luis Vivancosa, Pablo Ferrer-Gisbertc, Rafael Royo-Pastord.Energy performance of a ventilated façade by simulation with experimental validation// Energy performance of a ventilated façade by simulation with experimental validation.2014.P.563-570.

[57]. Kiryudcheva A.Ye.,Shishkina V.V. Energoeffektinyye fasadnyye sistemy// FGAOU VO « Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskiy universitet Petra Velikogo». 2015 . № 4 (31). S. 248-262.

[58]. Strelnikova K.A.,Timokhin D.K. Problema povysheniya energoeffektivnosti ventiliruyemogo fasada zdaniya i sovremennyye tekhnologii//FGBOU VPO « Saratovskiy gosudarstvennyy tekhnichekiy universitet im. Yu.A.Gagarina. 2015. № 9. S. 115-119.

[59]. Tusnina V.M,Yemelyanov A.A,Granovskiy A.V. Puti povysheniya seysmostoykosti ventiliruyemykh fasadnykh sistem//FGBOU VPO « Moskovskiy gosudarstvennyy stroitelnyy universitet»; TsNIISK im. V.A. Kucherenko OAO « NITs «Stroitelstvo». 2014. № 11. S. 63-66.

[60]. Yershov M.N., Babiy I.N., Meneylyuk I.A Analiz tekhnologicheskiy osobennostey primeneniya fasadnykh sistem teploizolyatsii//MGSU; Odesskaya gosudarstvennaya akademiya stroitelstva arkhitektury; Kiyevskiy natsionalnyy universitet stroitelstva i arkhitektury.2015 . № 4-1 (9). S. 43-47.

[61]. http://www.penostroy.ru/photo/7/0/68.html

[62]. G. Gan, Simulation of buoyancy-induced flow in open cavities for natural ventilation, Energy and Buildings 38 (2006) 410–420.

[63]. R. Fuliotto, F. Cambuli, N. Mandas, N. Bacchin, G. Manara, Q. Chen, Experimental and numerical analysis of heat transfer and airflow on an interactive building facade, Energy and Buildings 42 (2010) 23–28

[64]. M. Jerman, R. Cerny, Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials, Energy and Buildings 53 (2012) 39–46.

[65]. C. Suareza, P. Joubertb, J.L. Molinaa, F.J. Sanchezca, Heat transfer and mass flow correlations for ventilated facades, Energy and Buildings 43 (2011) 3696–3703

[66]. V. Serra, F. Zanghirella, M. Perino, Experimental evaluation of a climate facade: energy efficiency and thermal comfort performance, Energy and Buildings 42 (2010) 50–62.

[67]. D. Zirkelbach, Th. Schmidt, H.M. Kunzel, M. Kehrer, Ch. Bludau, WIFI 2D Installation and Introduction, Fraunhofer Institute of Building Physics, 2007.

[68]. A.S. Gorshkov, D.Yu. Popov.Konstruktivnoye ispolneniye ventiliruyemogo fasada povyshennoy nadezhnosti// Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. – 2010. – №8(18). – S. 5-9.

[69]. http://wiki-fire.org/Tusheniye-pozharov-v-zdaniyakh-s-navesnymi-ventiliruyemymi-fasadami.ashx

[70]. GOST 30244-94 "Materialy stroitelnyye. Metody ispytaniy na goryuchest".

[71]. Akhmyarov T.A., Spiridov A.V., Shubin I.L. Printsipy proyektirovaniya i otsenki naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktsiy s ispolzovaniyem sovremennykh tekhnologiy «aktivnogo» energosberezheniya i rekuperatsii teplovogo potoka //Zhilishchnoye stroitelstvo. 2014. S. 8-13.

[72]. SNiP 23-02-2003 «Teplovaya zashchita zdaniy».

[73]. Kozodayeva S.A., Goykalov A.N. Otsenka sovremennykh sposobov proyektirovaniya ograzhdayushchikh konstruktsiy zhilykh zdaniy//Nauchnyy vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitelnogo universiteta. Seriya: vysokiye tekhnologii. Ekologiya. 2014. S.58-62.

[74]. SP 23-101-2000 «Proyektirovaniye teplovoy zashchity zdaniy».

[75]. http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=459

[76]. Belyayev V.S. Energosberezheniye pri vybore svetoprozrachnykh naruzhnykh ograzhdeniy//Zhilishchnoye stroitelstvo. 2014. S.6-11.

[77]. Romanenko Ye.Yu. Povysheniye energeticheskoy effektivnosti ograzhdayushchikh konstruktsiy –put povysheniya effektivnosti ekspluatatsii zdaniy i sooruzheniy//Inzhenernyy vestnik dona. 2013. S.255.

[78]. M.I. Nizovtseva, V.T. Belyib, A.N. Sterlygova.The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings//Energy and buildings.2014.P.60-69.

[79]. Lipko V.I., Shirokova O.N., Lapezo A.S. Innovatsionnaya modernizatsiya otopitelno-ventilyatsionnykh ustroystv ezhektornogo tipa dlya maloetazhnykh zdaniy//Arkhitektura, stroitelstvo, transport. 2015. S.337-341.

[80]. Afanasyev A.A., Zhunin A.A. Industrialnaya tekhnologiya vozvedeniya energoeffektivnykh ograzhdayushchikh konstruktsiy //Tekhnologiya i organizatsiya stroitelnogo proizvodstva. 2014. № 2. S. 28-30.

[81]. http://prawdom.ru/dom.php?hm=ivanababushkina77_10

[82]. Statsenko Ye.A,Ostrovskaya A.F,Kiselev S.S. Ventiliruyemyye steklyannyye fasady. Parametry vozdushnogo zazora// Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy .2015 . № 12 (39). S. 32-42.

[83]. Demina L.A. Energosberegayushchiye tekhnologii v gorodskom khozyaystve//Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya. 2011. №4. S. 19-24.

[84]. 84. D. V. Nemova, D. S. Tarasova, A.A. Staritsyna,A.V. Nefedorova Results of educational building's inspection// Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 8 (13). 2013. 1-11.
75. Yavtushenko Ye.B. Osnovy gidravlicheskogo rascheta navesnykh ventiliruyemykh fasadov // Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy. 2013. №2(7). S. 55–61

[85]. Bai, G., Gong, G. Research on passive solar ventilation and building self-sunshading. International Conference on Computer Distributed Control and Intelligent Environmental Monitoring. 2011. Pp. 950-953.

[86]. Golovanova L.A., Blyum Ye.D. Energoeffektivnyye stroitelnyye konstruktsii tekhnologii//Uchenyye zametki TOGU. 2014. S.71-77.

[87]. http://sivator.com/101-pozhar-v-vysotke-groznyy-siti-v-g-groznom.html

[88]. Tusnina O.A.,Yemelyanov A.A.,Tusnina V.M.Teplotekhncheskiye svoystva razlichnykh konstruktivnykh sistem navesnykh ventiliruyemykh fasadov.2013.№ 8 (43). S. 54-63.

[89]. Tusnina O.A., Yemelyanov A.A., Tusnina V.M. Teplotekhnicheskiye svoystva razlichnykh konstruktivnykh sistem navesnykh ventiliruyemykh fasadov//Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal. 2013. №8(43). S. 54-63.

[90]. Yang H., Feng X., Xia G., Wan Q. Experimental study on impact of ventilated double-skin facade on the indoor thermal environment in winter. International Symposium on Heating, Ventilation, and Air Conditioning. 2013. Pp. 721-724.

[91]. Jiru, T.E., Tao, Y.X., Haghighat, F. Airflow and heat transfer in sustainable building components-double-skin facades. 14th International Heat Transfer Conference. 2010. Pp. 93-100.

[92]. Syed, F., Willoughby, T. Analyzing double skin Facade for global climate regions. World Energy Engineering Congress. 2011. Pp. 1538-1540.

[93]. Haase, M., Amato, A. Simplified convective heat transfer in vertical airflow regimes with shading device. 6th International Conference on Diffusion in Solids and Liquids. 2010. Pp. 665-670.

[94]. http://danil-dali.narod.ru/pressa.html

[95]. Raschetnoye opredeleniye osnovnykh parametrov protivodymnoy ventilyatsii zdaniy: metodicheskiye rekomendatsii. -M.: FGU VNIIPO MChS RF, 2013.

[96]. Raschet parametrov sistem protivodymnoy zashchity zhilykh i obshchestvennykh zdaniy: rekomendatsii ABOK 5.5.1-2012. -M.: NP ABOK, 2012.

[97]. Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I., Pastushkov P.P. K voprosu o primenenii vetrogidrozashchitnykh membran v navesnykh fasadnykh sistemakh s ventiliruyemoy vozdushnoy prosloykoy//Nauchno-tekhnicheskiy vestnik Povolzhya. 2013. № 3. S. 120-122.

[98]. SP 1.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoy zashchity. Evakuatsionnyye puti i vykhody».

[99]. SP 3.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoy zashchity. Sistema opoveshcheniya i upravleniya evakuatsiyey lyudey pri pozharakh. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti».

[100]. SP 4.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoy zashchity. Ogranicheniye rasprostraneniya pozhara na obyekty zashchity. Trebovaniya k obyemno-planirovochnym i konstruktivnym resheniyam».

[101]. SP 5.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoy zashchity. Ustanovki pozharnoy signalizatsii i pozharotusheniya avtomaticheskiye. Normy i pravila proyektirovaniya».

[102]. SP 6.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoy zashchity. Elektrooborudovaniye. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti».

[103]. SP 7.13130.2009 «Otopleniye, ventilyatsiya i konditsionirovaniye. Protivopozharnyye trebovaniya».

[104]. SP 8.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoy zashchity. Istochniki naruzhnogo protivopozharnogo vodosnabzheniya. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti».

[105]. SP 9.13130.2009 «Tekhnika pozharnaya. Ognetushiteli. Trebovaniya k ekspluatatsii».

[106]. SP 10.13130.2009 «Sistemy protivopozharnoy zashchity. Vnutrenniy protivopozharnyy vodoprovod. Trebovaniya pozharnoy bezopasnosti».

[107]. SP 11.13130.2009 «Mesta dislokatsii podrazdeleniy pozharnoy okhrany. Poryadok i metodika opredeleniya».

[108]. SP 12.13130.2009 «Opredeleniye kategoriy pomeshcheniy, zdaniy i naruzhnykh ustanovok po vzryvopozharnoy i pozharnoy opasnosti».

[109]. Yeremina T.Yu., Gravit M.V., Dmitriyeva Yu.N. Sredstva ognezashchity stroitelnykh konstruktsiy. Analiz obshchikh polozheniy rossiyskikh i yevropeyskikh normativnykh dokumentov//Arkhitektura i stroitelstvo Rossii. 2012. №8. S.24-29.

[110]. Gravit M.V. Novyy standart, reglamentiruyushchiy rasprostraneniye rezultatov ispytaniy na ognestoykost dlya svetoprozrachnykh ograzhdayushchikh nenesushchikh konstruktsiy//Nauchnyy forum s mezhdunarodnym uchastiyem "Nedelya nauki SPBPU". 2015. S.48-51.

[111]. Lamkin O.B., Gravit M.V., Nedryshkin O.V . Eksperimentalnyye i teoreticheskiye issledovaniya pokazateley pozharnoy opasnosti fasadnoy sistemy «Tekhnokom»// Stroitelstvo unikalnykh zdaniy i sooruzheniy . 2015. S.49-65.

[112]. Gravit M.V.Rasprostraneniye rezultatov ispytaniy na ognestoykost svetoprozrachnykh ograzhdayushchikh nenesushchikh konstruktsiy//Pozharovzyvobezopasnost.2014.S.42-45.

[113]. Khasanov I.R.,Gravit M.V.,Kosachev A.A.,Pekhotikov A.V.,Pavlov V.V. Garmonizatsiya yevropeyskikh i rossiyskikh normativnykh dokumentov ,ustanavlivayushchikh obshchiye trebovaniya k metodam ispytaniy na ognestoykost stroitelnykh konstruktsiy i primeneniyu temperaturnykh rezhimov ,uchityvayushchikh realnyye usloviya pozhara//Pozharovzyvobezopasnost.2014.S.49-57.

[114]. GOST 30402-96 «Materialy stroitelnyye. Metod ispytaniya na vosplamenyayemost».

[115]. GOST R 51032-97 «Materialy stroitelnyye. Metod ispytaniya na rasprostraneniye plameni».

[116]. GOST R 53302-2009 «Oborudovaniye protivodymnoy zashchity zdaniy i sooruzheniy. Ventilyatory. Metod ispytaniy na ognestoykost».

Доброгорская Л.В., Бушманова А.В., Михайлова М.К., Далинчук В.С., Меры предотвращения пожаров навесных вентилируемых фасадов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. №9 (48). С. 34-51

Dobrogorskaya L.V., Bushmanova A.V., Mikhaylova M.K., Dalinchuk V.S., Measures to prevent fires ventilated facades. Construction of Unique Buildings and Structures, 2016, 9 (48), Pp. 34-51. (rus)