

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК В ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ФАСАДАХ

В последнее время усилились дискуссии по поводу необходимости установки ветрозащитной пленки в конструкции вентилируемого фасада. Повышенный интерес к указанному вопросу обусловлен рядом произошедших возгораний ветрозащитных пленок как в период монтажа фасадов, так и во время эксплуатации зданий. Органы пожарного надзора обусловили применение ветрозащитных пленок установкой противопожар-

ных металлических расщечек, которые существенно усложняют монтаж и удорожают фасад. Тем не менее практика показала, что указанные расщечки не смогли остановить распространение огня по фасаду при возгорании пленки [1]. Естественно, что при таких обстоятельствах возникли вопросы об обоснованности применения ветрозащитных пленок в конструкции вентилируемых фасадов.

Фирмы-производители и поставщики ветрогидрозащитных пленок не проводят надлежащих научных исследований. В рекламных материалах приводятся общие рассуждения и ссылки на зарубежные работы, при этом часто отсутствуют обычные в таких случаях характеристики пленочных материалов: сопротивление паропрооницанию и сопротивление воздухопроницанию. Наличие на фасадном рынке большого числа неспециалистов: распространителей (дилеров), продавцов, рекламных агентов и т. д. — усугубляет ситуацию с правильной оценкой необходимости установки ветрозащитной пленки, поскольку они продуцируют «информационный мусор», направленный на увеличение продаж.

В данной статье перечислены и кратко рассмотрены положительные и отрицательные стороны применения ветрозащитных пленок в вентилируемых фасадах с точки зрения строительной теплофизики.

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК

1. Ветровлагозащитная пленка может перекрывать воздушную прослойку, значительно уменьшая ее толщину. В результате движение воздуха в прослойке не будет осуществляться или будет очень слабым, а стало быть эффект удаления водяного пара из конструкции, ради которого эта прослойка предусматривается, будет отсутствовать. Причем характерно, что подобная ошибка допускается не только по вине монтажников. Нередко она бывает заложена в систему на стадии проектирования.

Несущие функции в навесных вентилируемых фасадах выполняет металлический каркас (подконструкция), образованный горизонтальными и вертикальными направляющими. Очень часто в таких системах ветрозащитная пленка устанавливается не поверх утеплителя, что было бы логично, а между направляющими (фото 1). В результате толщина вентилируемой прослойки между пленкой и облицовкой становится равной толщине вертикальной на-



Фото 1. Установка ветрозащитной пленки между направляющими не позволяет получить толщину воздушной прослойки больше толщины вертикальной направляющей — 25 мм

правляющей и составляет не более 25 мм, что противоречит требованиям норм, где минимальная толщина воздушной прослойки регламентирована 40 или 60 мм. То есть в данном случае допускаются две ошибки: во-первых, пленка монтируется не вплотную к утеплителю, во-вторых, происходит уменьшение толщины вентилируемой воздушной прослойки. Оба отмеченных обстоятельства снижают эффективность удаления влаги с поверхности утеплителя.

2. Применение ветрозащитной пленки может привести к переувлажнению уте-



Фото 2. Пример установки полиэтиленовой пленки в качестве ветрозащиты

плителя фасадной конструкции. Это происходит в тех случаях, когда по причине недостаточной компетентности производителей фасадных работ в качестве ветрозащиты применяются пленки с повышенным сопротивлением паропрооницанию (фото 2). Многие монтажники не имеют представления о физических процессах, происходящих в вентилируемом фасаде, и даже не подозревают о том, что конструкция увлажняется не влагой наружного воздуха, а вследствие переноса пара из внутреннего воздуха помещения через конструкцию в наружные слои утеплителя. Поэтому устанавливают вместо ветрозащиты всевозможные пленки иногда с большим значением сопротивления паропрооницанию, вплоть до полиэтиленовой пленки. Например, в г. Якутске построено много фасадов, в которых в качестве ветрогидрозащиты использована полиэтиленовая пленка [2]. При проведении натурных исследований этих фасадов в зимний период установлено наличие льда между полиэтиленовой пленкой и утеплителем [2]. Увлажнение наружного слоя утеплителя в зимний период приводит к снижению его долговечности.

Проблема усугубляется еще и тем, что данные по сопротивлению паропрооницанию некоторых ветрозащитных материалов либо просто-напросто отсутствуют, либо приводятся в единицах, которые вообще не могут характеризовать паропрооницаемость материалов (иногда эти значения приводятся, но в единицах измерения, не соответствующих указанным параметрам, например: г/кв. м в сутки [3]). В особенности это касается материалов импортного происхождения. В СП «Проектирование тепловой защиты зданий» [4] представлена таблица сопротивлений паропрооницанию различных листовых материалов, в том числе некоторых пленок и покрытий. Однако данные о паропрооницаемости ветрозащитных пленок, применяемых в навесных фасадных системах, в этой таблице отсутствуют.

Справедливости ради следует отметить, что сопротивление паропрооницанию пленки «Тайвек» известно — оно составляет величину порядка 0,1 кв. м ч Па/мг (например, по нашим экспериментальным данным оно равно 0,055 кв. м ч Па/мг). Таким образом, пленка «Тайвек» обладает достаточно низким значением сопротивления паропрооницанию. Даже у такой пленки, если она устанавливается не вплотную к поверхности утеплителя, а поток пара из конструкции имеет значительную величину, на поверхности, обращенной к утеплителю, зимой может выпадать конденсат, который при отрицательной температуре замерзает.

3. Ветрозащитная пленка может использоваться для умышленного сокрытия дефектов теплоизоляционного слоя. При этом, например, имеются щели между плитами утеплителя или не производится крепление фрагментов плит утеплителя. В последнем случае в процессе эксплуатации фасада слой утеплителя может быть нарушен, и, соответственно, существенно снизится теплозащита здания. К сожалению, такие случаи для строительной практики — не редкость (фото 3).



Фото 3. Некачественная установка утеплителя под ветрозащитной пленкой



Фото 4. Огневые работы при наплавлении гидроизоляции вблизи нижнего прудуха воздушной прослойки

4. Ветрозащитные пленки являются изделиями на полимерной основе и относятся к материалам группы горючести Г2, при воздействии на них открытым огнем происходит их возгорание (с вытекающими последствиями — при возникновении пожара они могут способствовать его развитию). Какую опасность могут представлять горючие компоненты фасадных систем, показали пожары, произошедшие в последнее время. Например, возгорание пленки «Тайвек» при проведении сварочных работ на 17 этаже здания со смонтированным фасадом привело к распространению огня до первого этажа и к многочисленным повреждениям фасада. Практически невозможно исключить применения открытого огня при проведении ряда работ на здании с уже смонтированным фасадом: это кровельные работы на крыше, сварочные работы на балконах и лоджиях, наплавление гидроизоляции на отместке здания (фото 4) и т. д. Поэтому практически нельзя исключить возможность возгорания ветрозащитной пленки.

ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ ВЕТРОЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА СТЕН С ВЕНТИЛИРУЕМЫМИ ФАСАДАМИ

В литературе отмечаются нижеследующие положительные следствия применения ветрозащитных пленок.

1. Ветрозащитная пленка предотвращает эмиссию волокон из утеплителя [3]. При движении воздуха вдоль поверхности минеральной ваты, не защищенной ветрозащитной пленкой, на приповерхностные волокна действует аэродинамическая сила, вызывающая напряжения растяжения в сечении волокна и касательные напряжения в капельках связующего, которое закрепляет волокно в материале. Эти напряжения пропорциональны средней силе аэродинамического воздействия. В случае,

когда целостность связующего нарушена, остается сила сцепления волокон в материале. Сила сцепления волокон в материале пропорциональна упругой силе контакта переплетенных волокон в слое материала и коэффициентам трения (сухого и вязкого). Аэродинамическая сила содержит квазистационарную (среднюю) и пульсационную составляющие. Средняя составляющая аэродинамической силы пропорциональна некоторой степени средней скорости потока. Пульсационная составляющая связана с хаотическими турбулентными пульсациями, которые всегда присутствуют в потоке воздуха около шероховатой поверхности. Вследствие нарастания усталостных явлений волокна могут отрываться и вылетать из воздушной прослойки. Это явление и получило название «эмиссия волокна». Если это явление имеет место, то установка ветрозащитной пленки, конечно же, предотвратит указанное явление.

2. Ветрозащитная пленка позволяет предотвратить фильтрацию воздуха и тем самым способствует сохранению теплозащитных свойств конструкции. Фильтрация воздуха в ограждающих конструкциях может быть поперечной и продольной. В свою очередь поперечная фильтрация делится на инфильтрацию (снаружи внутрь помещения) и эксфильтрацию (изнутри помещения наружу). Именно эти виды фильтрации и должна предотвращать ветрозащитная пленка. Если при помощи устройства ветрозащитной пленки фильтрация ликвидирована, то тем самым достигнуто сохранение теплозащитных свойств конструкции.

3. Ветрозащитная пленка обеспечивает сохранность утеплителя в период монтажа. Часто во время монтажа вентилируемого фасада имеет место значительный временной перерыв после установки утеплителя и подконструкции и до установки



Фото 5. Повреждения минераловатного утеплителя при перерыве монтажа фасада

облицовки. Иногда этот перерыв достигает нескольких месяцев. В течение такого большого времени утеплитель может быть существенно поврежден вследствие климатических воздействий (фото 5). В таких случаях установка ветрозащитной пленки должна защитить утеплитель от повреждений.

4. *Ветрозащитная пленка защищает утеплитель от увлажнения атмосферными осадками в период эксплуатации объекта.* Атмосферные осадки, попадающие в воздушную прослойку, могут быть жидкими (дождевая вода) или твердыми (снег). Если дождь сопровождается ветром, то имеет место «косой дождь». Именно увлажнение косыми дождями может представлять опасность для сохранности эксплуатационных свойств утеплителя. Если ветрозащитная пленка предотвращает увлажнение утеплителя в случае попадания воды на поверхность, то эту пленку можно называть ветровлагозащитной.

РАССМОТРЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СПОСОБОВ ДОСТИЖЕНИЯ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ЭФФЕКТА БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ВЕТРОЗАЩИТНЫХ ПЛЕНОК

Действительно ли пленки выполняют перечисленные функции, можно ли считать их применение в навесных фасадных системах обоснованным по вышеперечисленным условиям?

1. *Эмиссия волокна.* Три года назад НИИ строительной физики совместно с НИИ механики МГУ им. М. В. Ломоносова была разработана теория этого явления. В результате удалось получить уравнение эмиссии волокна. В этом уравнении имеется коэффициент эмиссии волокна, определяемый экспериментально. Для исследования описываемого явления и определения коэффициента эмиссии волокна были проведены эксперименты с образцами плит штапельного стекловолокна торговой мар-

ки URSA. Были вырезаны из плит П15, П30 и П45 образцы размером 250х250 мм. Образцы были увлажнены до 10% по массе, помещены в полиэтиленовые пакеты и подвергнуты 100 циклам замораживания-оттаивания. Затем исследуемые образцы были помещены в установку, в которой был создан поток воздуха над их поверхностью со скоростью до 15 м/сек. Эксперимент по исследованию эмиссии волокон начался 7 декабря 2005 г. и проводится до сих пор, т. е. 2 года. Эмиссия волокна не обнаружена. Пересчет на период эксплуатации фасада с реальной скоростью движения воздуха в прослойке (т. е. до 1 м/с) показывает отсутствие эмиссии волокна в течение срока, превышающего 100 лет. Здесь необходимо отметить, что такой период времени связующее в плите может не сохраниться. Однако изделия из штапельного стекловолокна обладают длинными волокнами, вследствие переплетения которых эмиссия волокна может не происходить и при разрушении связующего.

Необходимо отметить, что испытаниям подвергались изделия торговой марки URSA, поэтому выводы, которые были сделаны на основании результатов эксперимента, относятся пока к данному виду продукции. Что касается других волокнистых теплоизоляционных материалов, то мы с ними не работали так полно, хотя имеются некоторые предварительные данные об отсутствии эмиссии волокна в плитах «ВентибаттС» торговой марки Rockwool.

С другой стороны, в одной из статей [3] приводятся результаты экспериментов П. В. Монастырева с соавторами, которые показали эмиссию волокна минераловатными плитами плотностью 74 кг/куб. м. Представляется целесообразным просто запретить применение в вентилируемых фасадах волокнистых утеплителей, из которых

может происходить эмиссия волокна. Это опасно с точки зрения экологии. Ведь эти теплоизоляционные изделия могут оказаться открытыми в течение длительного времени, например, при их складировании до установки на фасад или при вынужденном демонтаже фасада. Ведь срок эксплуатации вентилируемого фасада превышает длительность активной трудовой жизни поколения, и уже во второй половине периода эксплуатации фасада обсуждаемая особенность используемых теплоизоляционных изделий не будет известна. Зачем же применять заведомо опасный материал, если имеются доброкачественные аналоги?

Таким образом, представляется целесообразным выполнить довольно простые испытания для всех видов волокнистых теплоизоляционных материалов, предполагаемых к использованию в вентилируемых фасадах, и применять только те материалы, которые не допускают эмиссию волокна. При этом не следует обуславливать необходимость ветрозащитной пленки возможной эмиссией волокна.

2. *Подготовка фильтрации воздуха и сохранение теплозащитных свойств конструкции.* Поперечная фильтрация ограничивается требованием к воздухопроницаемости ограждающих конструкций СНиП 2-23-2003 «Тепловая защита зданий», а до введения этого документа — СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника». В последние годы «забыли» об этих требованиях и соответствующую проверку ограждающих конструкций не производят. Воздухопроницаемость конструкции зависит от ее сопротивления воздухопроницанию. Чтобы инфильтрация не привела к значительным теплопотерям, воздухопроницаемость ограждающих конструкций и нормируется. Согласно СНиП «Тепловая защита зданий» значение воздухопроницаемости наружной стены, в том числе и стены с вентилируемым фасадом, не должно превышать 0,5 кг/(кв. м час). Исходя из этого должно рассчитываться требуемое сопротивление воздухопроницанию. Значения сопротивлений воздухопроницанию слоев, выполненных из различных материалов, можно найти в СП «Проектирование тепловой защиты зданий». Например, сопротивление воздухопроницанию слоя бетона толщиной 100 мм составляет почти 20 000 (кв. м ч Па)/кг, кирпичной кладки толщиной 1 кирпич и более — 18 (кв. м ч Па)/кг, кладки из легкобетонных камней — 13 (кв. м ч Па)/кг, минераловатных плит толщиной 15 мм — 2 (кв. м ч Па)/кг, обшивки из сухой гипсовой штукатурки — 20 (кв. м ч Па)/кг, штукатурки на основе цементно-песчаного раствора толщиной 15 мм — 373 (кв. м ч Па)/кг. Значения сопротивлений воздухопроницанию современных волокнистых теплоизоляционных материалов и ветрозащитных пленок в данном СП отсутствуют.

Экспериментально определено сопротивление воздухопроницанию ветрозащитных мембран «Тайвек». Оно составляет порядка 10–10,5 (кв. м ч Па)/кг [5]. Если мы обратимся к упомянутой таблице СП, то увидим, что по значению сопротивления воздухопроницанию «Тайвек» сравним с кладкой из легкогобетонных блоков. С таким сопротивлением воздухопроницанию он не может обеспечить надежную защиту от поперечной фильтрации. Поэтому если основанием вентилируемого фасада служат кирпичная кладка, пенобетонные блоки и другие воздухопроницаемые материалы, то стены изнутри помещения необходимо обязательно оштукатуривать цементно-песчаным раствором. Если внутреннюю поверхность таких стен обшить гипсокартонными листами, то при определенном направлении ветра фасадная конструкция будет «продуваться». В результате температура на внутренней поверхности стены понизится, что неизбежно приведет к возникновению дискомфорта в помещении. И такие случаи наблюдались. Следует отметить, что стеклохолст, применяемый для каширования волокнистых теплоизоляционных материалов, нельзя рассматривать в качестве ветрозащиты. Таким образом, ветрозащитные пленки не могут устранить поперечную фильтрацию.

Иное дело продольная фильтрация, которая возникает при движении воздушного потока вдоль фасада. Если мы рассмотрим процесс обтекания здания при постоянном ветре, то увидим, что вдоль фасада возникает перепад давления. Перепад давления вызывает движение воздуха над облицовкой, под облицовкой и в самой минеральной вате. Но если скорость ветра у поверхности фасада измеряется десятками метров в секунду, то под облицовкой она со-

ставляет десятки сантиметров в секунду, а в минеральной вате скорость движения воздушных потоков не превышает нескольких сантиметров в минуту, то есть резко падает. Тем не менее холодный воздух, который движется вдоль утеплителя, вызывает дополнительное охлаждение конструкции и снижает ее теплозащитные свойства.

Разработана методика и программа для компьютера (В. В. Козловым), позволяющая производить расчет и определять влияние продольной фильтрации на теплозащитные свойства конструкции [6]. Согласно этой методике, на здании выбирается участок фасада, который является наиболее слабым в отношении теплозащиты, и на этом участке проверяется влияние фильтрации. Если вклад, который вносит продольная фильтрация в теплопотери через этот участок фасада, незначительный, то можно обойтись без ветрозащиты. Если же продольная фильтрация существенно снижает теплозащиту, например на 30–40%, то имеется альтернатива: устанавливать ветрозащитную пленку или компенсировать дополнительные теплопотери увеличением толщины утеплителя. Если на выбранном участке фасада можно добиться необходимого снижения теплопотерь, то на остальных участках фасада это и по давности будет выполняться. Такова идея, положенная в основу данной методики. Она позволяет выбрать участки фасада, на которых следует устанавливать ветрозащиту, и те участки, на которых можно обойтись без нее.

Каких критериев следует придерживаться, оценивая теплозащитные свойства конструкции при решении вопроса о необходимости установки ветрозащиты? Мы предлагаем следующие критерии.

1. Приведенное сопротивление теплопередаче участка фасада, который мы выбра-

ли для расчетов влияния продольной фильтрации, рассчитанное при средних значениях температуры и скорости движения наружного воздуха за отопительный период, должно быть не менее 0,63 от величины требуемого сопротивления теплопередаче по табл. 4 СНиП «Тепловая защита зданий», то есть от той величины, которая в СНиП «Строительная теплотехника» определялась по условиям энергосбережения.

II. Значение приведенного сопротивления теплопередаче участка фасада, который мы выбрали для расчетов влияния продольной фильтрации, при температуре наружного воздуха, равной температуре наиболее холодных суток, и при скорости ветра, равной наибольшей среднесуточной в январе, должно быть не менее требуемого по санитарно-гигиеническим условиям. Это требование достаточно жесткое, поскольку берутся минимальная температура и относительно большая скорость ветра. Поэтому и снижены требования к теплозащите до санитарно-гигиенических условий.

В последнем случае должно соблюдаться еще одно дополнительное требование: минимальная температура на любом участке внутренней поверхности выбранного участка фасада не должна опускаться ниже точки росы.

Таким образом, необходимые теплозащитные свойства конструкции возможно обеспечить не только путем устройства ветрозащиты, но и альтернативными способами. Следует отметить, что изложенная методика нуждается в обсуждении.

3. *Сохранность утеплителя в период перерыва монтажных работ.*

Прежде всего сама постановка вопроса странная: для достижения временных целей в период монтажа предлагается устанавливать ветрозащитную пленку, которая должна работать весь период эксплуатации фасада. Во-вторых, на любом здании имеются участки, подверженные воздействию ветра, завихрениям и т. д. На таких участках ветрозащитные покрытия не столько обеспечивают сохранность утеплителя, сколько сами нуждаются в защите, особенно если стоят незакрытыми облицовкой продолжительное время (фото 6). Возможно, что для сохранности утеплителя при задержке монтажа облицовки следует закрывать фасад какой-то специальной временной обложкой, но использовать в качестве таковой ветрозащитные пленки неразумно. Во всяком случае, считать этот аргумент серьезным доводом в пользу устройства ветрозащиты нельзя.

4. *Защита утеплителя от увлажнения атмосферными осадками.*

Мы проводили работу, в процессе которой выполнялись расчеты увлажнения утеплителя вентилируемого фасада косым дождем с учетом аэродинамики здания. Результаты, полученные при анализе



Фото 6. Повреждения ветрозащитной пленки при перерыве в монтаже фасада

вероятности проникания капель через зазоры между облицовочными плитками, показали, что капли, стекающие по поверхности плиток, практически не имеют шансов попасть на утеплитель (т. е. пролететь через зазор, не коснувшись стенок). При обложном дожде их количество составляет 0,75% от общего числа капель, попавших на фасад, а при ливневом — 1,25%. Поэтому на утеплитель попадают в основном капли, приносимые потоком воздуха и проникающие в зазор между плитками, не коснувшись стенок. В этом заключается отличие процесса увлажнения косым дождем традиционных стен, например панельных, и стен с вентилируемыми фасадами. При увлажнении косым дождем панельных стен вся вода, попавшая на стену, будет стекать по поверхности стены, проникая при этом в различные трещины (стыки и т. д.). При увлажнении косым дождем поверхности вентилируемого фасада, вода, попавшая на его поверхность, в основном будет стекать по облицовке. При этом, чем больше толщина воздушной прослойки и чем меньше зазор между облицовочными плитками, тем меньше влаги попадет на поверхность утеплителя.

Расчеты увлажнения косым дождем выполнялись для фасада при толщине воздушной прослойки 100 мм и ширине швов между облицовочными плитками 6 мм. Расчеты позволили установить следующее: при условии, что годовая сумма осадков выпадает одновременно, причем с ветром, характерным для Москвы во время дождя, количество влаги, прошедшей через зазоры между облицовочными плитками и попавшей на утеплитель, не превышает 25 г/кв. м. Эта величина влаги ничтожно мала, она значительно меньше той, которая попадает в него вследствие диффузии.

Это означает, что в рассмотренном случае утеплитель в защите от атмосферных осадков не нуждается.

Если строительство фасада проводится в регионе, характеризующемся косыми дождями с сильным ветром, как, например, в Приморском крае, то можно рекомендовать устройство сплошной облицовки без зазоров на всю высоту фасада (фото 7). При этом, естественно, этот фасад должен иметь нижний и верхний продухи воздушной прослойки. При проектировании такого фасада необходимо с особой тщательностью проводить расчет влажностного режима воздушной прослойки [7].

Таким образом, конструктивными мероприятиями, без применения ветрозащитной пленки, возможно снизить или исключить риск увлажнения утеплителя вентилируемого фасада атмосферными осадками.

Вообще все положительные результаты использования ветрозащитных пленок в вентилируемых фасадах можно обеспечить альтернативными путями при ограниченном их применении. При этом проектные решения необходимо обосновывать соответствующими теплофизическими расчетами.

Выводы.

В настоящее время применение ветрозащитных покрытий в вентилируемых фасадах обосновано недостаточно. Их применение обусловлено директивно. С другой стороны, известны объекты с фасадами, возведенными без ветровлагозащитной пленки, и объекты эти по сей день нормально функционируют.

Представляется целесообразным следующий порядок решения вопроса об использовании ветрозащитных пленок:

- выделить участки фасада, где следует устанавливать ветрозащиту, не обусловлен-

ную теплофизическими требованиями: например, по углам зданий, безусловно, надо ставить ветрозащитное покрытие;

- на остальных участках при проектировании фасадов необходимость устройства ветрозащиты следует проверять теплофизическими расчетами, при этом можно использовать приведенные выше критерии.

Отсутствие ветрозащиты на некоторых участках можно компенсировать толщиной утеплителя. Конечно, это увеличит стоимость системы, но не намного, поскольку не придется платить за саму пленку и работы по ее монтажу. Именно таким путем действует, например, ООО «Диат-2000» при проектировании своих фасадов.

Установка горизонтальных расщечек, с нашей точки зрения, не может быть признана нормальной. Расщечки перекрывают вентилируемую прослойку, в результате чего может произойти увлажнение конструкции. Т. е. горизонтальные расщечки дискредитируют саму идею вентилируемого фасада.

**В. Г. ГАГАРИН, д. т. н., проф., зав. лаб.,
В. В. КОЗЛОВ, к. т. н., с. н. с.
Лаборатория теплофизических
характеристик и долговечности
строительных материалов и конструкций
НИИСФ РААСН**

Литература

1. Выступления А. В. Пестрицкого и М. Г. Александрия: «ТАЙВЕК: быть или не быть?» // «Технологии строительства», № 6, стр., 2007, стр. 5–14.
2. Корнилов Т. А., Рахматуллин А. А. «О состоянии вентилируемых фасадных систем в Якутии». // «Жилищное строительство», № 6, 2007.
3. Нелидов А. «Защита минваты. Ограничение факторов, разрушающих утеплитель». // «Технологии строительства», № 2, 2007, стр. 57–58.
4. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». М., 2004.
5. Садчиков А. В. «Влияние продольной фильтрации воздуха в утеплителе на теплозащитные свойства стен с навесными вентилируемыми фасадами». Автореф. канд. дис. (Научн. рук. В. В. Козлов) — Москва, НИИСФ, 2007 г.
6. Гагарин В. Г., Козлов В. В., Садчиков А. В., Мехнецов И. А. «Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях. Метод оценки теплозащиты стены здания с вентилируемым фасадом с учетом продольной фильтрации воздуха». // Журнал «АВОК», 2005, № 8, стр. 60–70.
7. Гагарин В. Г., Козлов В. В. «Методика проверки выщедения конденсата в воздушном зазоре вентилируемого фасада» В кн. «Строительная физика в XXI веке». Научно-техническая конференция, посвященная 50-летию НИИСФ РААСН. — Москва, НИИСФ, 25-27 сентября 2006 г., стр. 73–80.



Фото 7. Фрагмент вентилируемого фасада с закрытыми зазорами между облицовочными плитками