

# НОВОЕ О ФАСАДНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ВОЗДУШНЫМ ЗАЗОРОМ\*

(Продолжение. Начало в № 2 (32) 2004 г.)

**Общие требования к материалам и комплектующим изделиям, применяемым в фасадных теплоизоляционных системах с воздушным зазором (ФСЗ)**

Для применения материалов и комплектующих деталей, как правило, необходимо подтверждение их пригодности для использования в ФСЗ, получаемое в установленном порядке.

## Элементы несущего каркаса

Элементы несущего каркаса, применяемые в системах, могут включать: кронштейны, направляющие (вертикальные, горизонтальные) и другие комплектующие изделия, а также различные виды крепежа (анкеры, дюбели, заклепки, кляммеры и др.).

Для изготовления кронштейнов и направляющих могут использоваться соответствующие марки углеродистой и коррозионно-стойкой стали и алюминиевых сплавов.

Конфигурацию и размеры поперечных сечений профилей, кронштейнов и направляющих устанавливают на основании результатов расчета их несущей способности.

Вид и марку крепежных изделий принимают с учетом конструктивных особенностей каркаса и облицовочных элементов.

## Облицовочные материалы и изделия

Облицовочные материалы и изделия выполняют защитно-декоративную функцию, включая защиту утеплителя, несущего каркаса и стен зданий от атмосферных воздействий и возможных механических повреждений.

Для облицовки применяют плиты, панели, кассеты, полукассеты или листовые материалы. Размеры и форма элементов облицовки могут быть различными — в зависимости от требований, предъявляемых к фасадам зданий и сооружений и конструктивных особенностей системы.

Облицовочные материалы и изделия должны иметь физико-механические характеристики, обеспечивающие возможность их

применения в ФСЗ, в том числе достаточную прочность, необходимую морозостойкость, длительную сохранность декоративных свойств, устанавливаемую в результате испытаний после проведения 150 циклов.

В качестве элементов облицовки могут широко использоваться:

- плиты и панели керамические, из керамогранита и натурального камня;
- плиты и панели листовые фиброцементные;
- плиты и панели листовые, а также кассеты и полукассеты из листовых композитных материалов с металлическими облицовками и средним слоем из полимерных материалов.

Элементы облицовки могут отличаться различным видом поверхности (полированная, глазурованная, глянцевая, матовая и т. д.), разными способами отделки (окрашенные, с полимерным покрытием, анодированные и т. п.).

Элементы облицовки крепят к направляющим видимым или скрытым способом.

## Теплоизоляционные материалы

Утеплитель, используемый для фасадных систем, должен обладать следующими основными свойствами:

- низкой теплопроводностью;
- долговечностью;
- относиться к классу негорючих материалов;
- достаточно высокой паропроницаемостью;
- неагрессивностью к металлическим элементам системы.

Для исключения избыточного увлажнения утеплителя атмосферной влагой, в том числе за счет попадания в воздушный зазор дождя, снега, поверхностного обледенения облицовочных элементов, а также повреждения наружной поверхности утеплителя в результате местных завихрений потоков воздуха в зазоре, утеплитель защищают гидроветрозащитной паропроницаемой пленкой.

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ФСЗ

Несущие конструкции ФСЗ должны обеспечивать их прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость как систем в целом, так и отдельных элементов (узлов) на стадиях монтажа и эксплуатации.

Несущие конструкции и их расчет должны соответствовать требованиям СНиПов [12, 13, 8].

Для конструкций ФСЗ принимают те же значения коэффициента надежности по ответственности, что и для здания (сооружения), на котором устраивается система.

Расчетные схемы и основные предпосылки расчета должны отражать действительные условия работы конструкций, учитывать особенности взаимодействия элементов конструкций между собой и с основанием (стеной), в том числе эксцентриситеты приложения нагрузок и передачи усилий, включая узлы примыкания к основанию (стене), особенности профилей элементов, свойства материала конструкций.

При вертикальном расположении направляющих в зависимости от вида и особенностей системы допускается рассматривать кронштейны как консоли или как стойки многопролетной рамы, образованной кронштейнами и вертикальными направляющими, с соответствующими условиями закрепления.

При горизонтальном расположении направляющих допускается рассматривать кронштейны как консоли.

В расчетных схемах конструкции как правило не учитывают влияние элементов облицовки (кроме передаваемой ими нагрузки). Включение элементов облицовки в расчетную схему возможно при соответствующем обосновании.

Для несущих конструкций и элементов облицовки следует учитывать температурные климатические воздействия вследствие разности температур монтажа (замыкания конструкций) и при эксплуатации, которые для климатических районов строительства П4 и П5 принимают от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ , а для климатических районов строительства П2, П2 и П3 — от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+80^{\circ}\text{C}$ .

Температуру монтажа принимают по фактическим данным; при их отсутствии допускается принимать температуру монтажа  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ .

Для конструкций следует учитывать температурные климатические воздействия, если конструкция ФСЗ не предусматривает компенсации температурных деформаций соответствующих элементов. Температуру конструкций при эксплуатации определяют теплотехническим расчетом.

Расчетные схемы конструкции должны учитывать, в том числе, допуски на отклонение от вертикальности основания по фактическим данным.

Конструкции следует рассчитывать на ЭВМ с использованием сертифицированных программных комплексов. Расчет производят для деформационного (температурного) блока — участка ФСЗ, ограниченного деформационными (температурными) швами.

Расчет обычно выполняют в линейной постановке с определением усилий и пере-

\* «Рекомендации по составу и содержанию документов и материалов для технической оценки пригодности» разработаны авторским коллективом ФЦС Госстроя России и ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко с участием специалистов ЦНИИпроект-стальконструкции, НИИЖБ и НИИСФ (научные руководители В. М. Горпинченко, Т. И. Мамедов, ответственный исполнитель О. И. Пономарев, исполнители Д. М. Лаковский, А. Г. Шеремет, Л. Б. Кацнельсон, А. В. Пестрицкий, В. А. Отставнов, А. В. Грановский, Н. А. Попов, В. Ф. Беляев, Н. Н. Шилов, В. А. Цветков, В. Г. Гагарин, А. М. Подвальный, В. В. Козлов).



мещений в предположении упругих деформаций по недеформированной схеме.

Проверку устойчивости конструкции (фрагмента) допускается выполнять на ЭВМ с использованием сертифицированных программных комплексов. Достаточность коэффициента запаса устойчивости определяют анализом, но его величина в любом случае должна быть не менее 1,5.

В отдельных случаях статическому расчету должен предшествовать расчет частот и форм собственных колебаний, по результатам анализа которых определяют значение ветровой нагрузки.

Величины нагрузок и воздействий следует принимать в соответствии с пунктом нагрузки и воздействия на конструкции ФСЗ (см. начало статьи № 2 (32) 2004 г.).

Предельные значения прогибов и перемещений следует принимать по СНиП [1].

Расчет соединений элементов конструкции ФСЗ между собой и их присоединений к основанию (стене) следует выполнять в соответствии с требованиями СНиПов [12, 13]. При использовании креплений, отсутствующих в этих нормативных документах, следует руководствоваться требованиями, установленными в соответствующих технических свидетельствах Госстроя России на новые виды креплений и их соединений.

При креплении элементов конструкции друг к другу в каждом соединении должно устанавливаться не менее двух крепежных изделий (далее — КИ). Такие соединения рассматривают как соединения, способные воспринимать моменты.

При действии на соединение продольной силы, проходящей через его центр тяжести, распределение этой силы между КИ следует принимать равномерным.

При действии на соединение момента, вызывающего сдвиг соединяемых элементов, распределение усилий между КИ следует принимать пропорционально расстояниям от центра тяжести соединения до рассматриваемого КИ.

При действии на соединение сил, вызывающих отрыв элементов, усилия в элементах следует определять с учетом характера деформирования соединения и способов приложения и передачи этих сил.

КИ, работающие на срез от одновременного действия продольной силы и момента, следует проверять на равнодействующее усилие.

КИ, работающие одновременно на растяжение и срез, следует проверять на совместное действие растяжения и среза.

При проведении предварительных расчетов для первоначального назначения шага и сечений элементов системы допускается выполнять эти расчеты по приближенным схемам с расчленением системы на отдельные элементы: горизонтальные и вертикальные элементы, кронштейны, анкера и т. п. Сбор нагрузок для этих элемен-

тов допускается производить по их грузовым площадям с учетом факторов неразрезности элементов, эксцентриситетов приложения нагрузок и передачи усилий и т. п.

Одной из возможных схем конструкций является рамная конструкция в виде вертикальной направляющей (ригеля) и кронштейнов (стоек), на один из которых (верхний — опорный) с направляющей передается как горизонтальная, так и вертикальная нагрузки, а на остальные — только горизонтальные нагрузки. Подобная конструкция обеспечивает компенсацию температурных деформаций.

В этой конструкции вертикальная направляющая работает как многопролетная неразрезная балка; рядовые кронштейны условно можно рассматривать как шарнирные стержни, воспринимающие только горизонтальные воздействия, а опорный кронштейн — как консольный (защемленный на опоре) стержень.

При проведении предварительных расчетов усилия отрыва в КИ, крепящих кронштейны, определяют аналогично расчету усилий в фундаментных болтах баз стальных колонн с определением размеров зоны опирания и положения равнодействующей отпора. Аналогично определяют усилия сдвига. При расчетах кронштейнов, в том числе по деформациям, следует учитывать податливость устанавливаемых терморазрывных прокладок (паронит и т. п.).

Крепление вертикальных направляющих к рядовым кронштейнам должно быть запроектировано и выполнено таким образом, чтобы не препятствовать вертикальным перемещениям направляющей относительно кронштейна без повреждения при этом антикоррозионного покрытия.

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Противопожарные требования к системам утепления наружных стен зданий изложены в СНиП, табл. 5\* [14]. В соответствии с этой классификацией наружные стены зданий с внешней стороны по своим пожарно-техническим характеристикам разделяют на 4 класса пожарной опасности: КО, К1, К2 и К3.

Классы пожарной опасности систем утепления устанавливают по ГОСТ [7].

При установлении класса пожарной опасности ФСЗ необходимо учитывать пожарно-технические характеристики стен, на которых предполагается монтировать эти системы утепления.

Стенам, выполненным из кирпича, бетона, железобетона и других подобных по теплотехническим характеристикам негорючих материалов толщиной не менее 60 мм со смонтированной на них классифицируемой системой утепления присваивается класс пожарной опасности системы утепления.

При монтаже ФСЗ на стенах, не соответствующих вышеуказанным требованиям, класс

пожарной опасности стены следует устанавливать по результатам испытания фрагмента стены конкретной конструкции со смонтированной на нем системой утепления.

Классы пожарной опасности систем утепления определяют для зданий, отвечающих следующим условиям:

- величина пожарной нагрузки в помещениях не превышает 50 кг/м в пересчете на древесину, а условная продолжительность пожара ( $t_n$ ) не превышает 30 мин.;
- расстояние между верхом окна и подоконником окна вышележащего этажа — не менее 1,2 м;
- общее количество горючих материалов, составляющих систему утепления или облицовку, не превышает 200 МДж на кв. м поверхности стены без учета площади окон и дверей;
- фасад здания не имеет особенностей, способствующих ускорению распространения горения, например, в виде западающей части фасада, создающей каминный эффект.

Эти ограничения обусловлены наибольшей величиной пожарной нагрузки в ФСЗ, использовавшихся при выборе критериев оценки пожарной опасности этих систем, а также конструктивными особенностями расположения оконных проемов в зданиях.

При несоблюдении одного из перечисленных показателей определение класса пожарной опасности любой ФСЗ, в том числе имеющей присвоенный класс пожарной опасности, устанавливают на основании результатов натурных огневых испытаний (ГОСТ [6]). При проведении этих испытаний воспроизводят особые условия теплового воздействия на ФСЗ или иные условия будущего применения системы утепления.

Результаты натурных испытаний используют для определения области применения систем утепления в установленном порядке независимо от класса их пожарной опасности, определенного на основе стандартных испытаний.

При установлении класса пожарной опасности ФСЗ учитывают следующие проявления пожарной опасности: наличие и величина теплового эффекта от горения или термического разложения материалов образца системы; наличие пламенного горения газов, выделяющихся при горении или термическом разложении материалов системы; наличие горящего расплава и возможность возникновения вторичных источников зажигания под очагом пожара; обрушение элементов системы весом более 1 кг; размер зоны повреждения материалов образца системы утепления.

Класс пожарной опасности испытываемой системы утепления устанавливают в зависимости от различных сочетаний этих признаков и с учетом их численных значений.

Признаки пожарной опасности ФСЗ, сочетания этих признаков и критерии их оценки



при определении классов пожарной опасности систем утепления приведены в табл. 1.

### Порядок подготовки документации для определения класса пожарной опасности ФСЗ

Для установления класса пожарной опасности системы утепления организация-заявитель должна представить в испытательную лабораторию следующую техническую документацию: полный комплект технической документации на испытываемую стену и (или) систему утепления включая чертежи конструктивного обрамления откосов оконных и дверных проемов, внутреннего и наружного углов стен здания, узлов сопряжения системы в области деформационного шва здания, узлов примыкания системы к карнизу кровли и цоколю здания, узлов пропуска инженерных коммуникаций через стену; спецификацию используемых материалов и изделий с указанием соответствующих технических документов; сертификаты пожарной безопасности или протоколы испытаний по определению группы горючести теплоизоляционных и декоративно-защитных материалов; чертеж образца стены и (или) системы утепления, монтируемого на фрагменте стены и предназначенного для испытаний; сведения о пожарно-технических характеристиках стен, для которых предназначена данная система утепления; инструкцию по монтажу системы утепления.

Организация-заявитель в присутствии представителя испытательной лаборатории должна смонтировать на образце стены испытываемую систему утепления в соответствии с представленной технической документацией. После монтажа системы должен составляться двухсторонний акт о том, что система утепления смонтирована в полном соответствии с представленной технической документацией.

При применении в системе утепления и (или) образце стены горючих материалов и изделий, имеющих определяющее значение при классификации испытываемой системы утепления, испытательная лаборатория проводит идентификационный контроль этих материалов методами термического анализа, требования к которым изложены в приложении А к ГОСТу [7].

Результаты термического анализа используют в дальнейшем для последующей идентификации и контроля качества материалов, применяемых на конкретных объектах, а также для согласования в установ-

ленном порядке возможности замены материалов в конструкциях стен или в системе утепления, класс пожарной опасности которой был определен ранее.

Протокол испытаний по данному методу является неотъемлемой частью протокола испытаний ФСЗ.

После проведения огневых испытаний системы утепления испытательная лаборатория оформляет протокол огневых испытаний, в котором в табличной форме должны быть приведены фактические показатели пожарной опасности испытанной системы утепления и присвоенный класс пожарной опасности с указанием характеристик стен, для которых этот показатель является действительным.

### Технические требования и рекомендации для проектирования систем наружного утепления с позиций обеспечения пожарной безопасности

Не допускается применение в строительстве ФСЗ: не прошедших огневые испытания или не прошедших экспертизу в установленном порядке и не имеющих технического свидетельства Госстроя России; при изменении номенклатуры применяемых в системе изделий или материалов или изменении конструктивных решений отдельных узлов без подтверждения этого изменения (замены) в установленном порядке.

Конструктивные решения ФСЗ должны исключить возможность проникновения во внутренний объем системы пламени от очага пожара.

Для выполнения этого требования следует предусмотреть использование специальных элементов защиты по контуру оконных проемов в местах их сопряжения с фасадной системой (элементы обрамления оконных проемов). В качестве материалов для этих элементов могут быть использованы листовая сталь толщиной не менее 0,55 мм или иные материалы, обладающие достаточно высокими термомеханическими свойствами, в том числе трещиностойкостью и отсутствием способности к взрывообразному разрушению в условиях теплового воздействия пожара, подтвержденные результатами огневых испытаний. Крепление элементов обрамления оконных проемов следует осуществлять на основание (стену).

Конструктивное решение обрамления оконных проемов и способов их крепления к основанию должно исключать возможность изменения их проектного положения

в процессе теплового воздействия возможного пожара.

В качестве утеплителя в ФСЗ следует применять только плиты, применение которых в ФСЗ предусмотрено техническими свидетельствами Госстроя России, и использование негорючих стекловолоконистых плит допускается только в комбинации с минераловатными плитами. При этом стекловолоконистые плиты должны устанавливаться на основание и закрываться сверху минераловатными плитами плотностью не менее 70 кг/куб. м и толщиной не менее 50 мм.

При использовании комбинации минераловатных и стекловатных утеплителей в местах сопряжения системы с оконными проемами следует применять только минераловатные плиты на всю толщину утепления шириной не менее 150 мм.

Допускается не соблюдать это требование при положительных результатах пожарных испытаний конкретных технических решений ФСЗ.

Следует исключить возможность применения минераловатных утеплителей, имеющих склонность к тлению.

Технические решения крепления облицовки фасадных систем, а также специальные организационные и конструктивные мероприятия должны исключать падение элементов облицовки массой более 1 кг в результате их возможного разрушения при тепловом воздействии пожара.

Наиболее безопасными являются системы с использованием стального каркаса и облицовок из стали с механическим креплением облицовки к несущим элементам каркаса.

При использовании в качестве облицовки керамических или керамогранитных плит крепление плиток облицовки к каркасу в области простенков над оконными проемами здания должно осуществляться при помощи кляммеров (скоб) или специальных фиксирующих профилей из коррозионно-стойкой стали. Количество кляммеров (скоб) на этих участках должно быть, как правило, увеличено вдвое.

В зависимости от конструктивных особенностей кляммеров, термомеханических свойств облицовочных плиток, конструктивных особенностей обрамления оконных проемов и формы оконных проемов на этих участках допускается не увеличивать количество кляммеров (скоб) при условии подтверждения этого технического решения результатами огневых испытаний.

Для крепления кляммеров (скоб) к направляющим и направляющих к кронштейнам должны использоваться заклепки, болты с гайками из коррозионно-стойких сталей или из углеродных сталей с защитным покрытием.

Допускается с учетом конструктивных особенностей обрамления оконных проемов и формы оконных проемов на этих участках использовать крепежные элементы из алю-

Табл. 1.

Класс пожарной опасности системы утепления	Размер повреждения материалов фрагмента системы утепления над огневым проемом, см, не более	Наличие		
		теплового эффекта	горения	обрушения элементов
КО	120	Не допускается	Не допускается	Не допускается
K1	240	Не допускается	Не допускается	Не допускается
K2	360	Не допускается	Не допускается	Допускается
K3	Не регламентируется			



миниевых сплавов при условии подтверждения этого технического решения результатами огневых испытаний.

Возможность применения скрытой системы крепления керамических (керамогранитных) плит над проемами должна подтверждаться результатами механических и огневых испытаний.

При использовании в качестве облицовки цементно-волоконных плит следует применять для их крепления к направляющим крепежные элементы, имеющие технические свидетельства Госстроя России. Цементно-волоконные плиты должны иметь огрунтованную внутреннюю поверхность для исключения возможности их взрывообразного разрушения при пожаре вследствие их значительного влагонасыщения в процессе эксплуатации.

Как правило эти плиты для облицовки откосов оконных проемов не применяют или подтверждают возможность их применения огневыми испытаниями.

Над выходами из здания с ФСЗ, над которыми расположены оконные проемы и используется облицовка из материалов, склонных к разрушению (в т. ч. взрывообразному) в условиях теплового воздействия возможного пожара, должны быть оборудованы защитные ударопрочные навесы (козырьки) из негорючих материалов на всю ширину соответствующего выхода. Длина вылета навеса от фасада составляет не менее 1,2 м при высоте здания до 15 м и не менее 2 м при высоте здания более 15 м. Над отдельно расположенными на фасаде балконами необходимо выполнять защитные навесы (козырьки) из негорючих материалов на всю их ширину и длину.

При наличии в зданиях участков с разновысокой кровлей из горючих материалов кровля должна выполняться по всему контуру сопряжения с примыкающей к ней сверху и имеющей оконные проемы ФСЗ в соответствии с п. 2.11 СНиП [8] (как «эксплуатируемая») на расстояние не менее 3 м от границы сопряжения.

При использовании в качестве облицовочных элементов изделий из термопластов, в т. ч. композитных, или материалов с низкой температурой плавления (например, из алюминиевых сплавов) следует предусматривать технические и организационные решения и мероприятия, исключающие возможность падения горящих элементов облицовки в результате их воспламенения при тепловом воздействии пожара.

При использовании этих материалов следует, как правило, применять облицовку в виде плоских элементов. При этом конструктивные решения ФСЗ должны обеспечивать падение капель расплава в пределах воздушного зазора.

Следует стремиться к применению алюминиевых сплавов с высокой температурой плавления.

Использование негорючих облицовочных плит с декоративной отделкой каменной крошкой, приклеиваемой с использованием компаундов на основе эпоксидных, полиэфирных, акриловых и других видов смол, с поверхностной плотностью до 600 г/кв. м не увеличивает пожарную опасность фасадных систем.

Применение в фасадных системах облицовок в виде плоских элементов из композитных панелей, состоящих из алюминиевых листов толщиной до 0,5 мм и средним слоем из негорючих материалов (группа горючести среднего слоя НГ), не является опасным.

Для снижения тепловыделения ФСЗ следует стремиться к применению в этих системах материалов с возможно более низкой горючестью, низкой температурой тепловыделения и поверхностной плотностью.

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ФСЗ

**Исходные данные для расчета:** проектная документация на ФСЗ; район строительства; характеристики микроклимата помещений здания (температура и относительная влажность воздуха); характеристики материала основания (стены); характеристики ФСЗ, в том числе материала утеплителя (или утеплителей) и крепежа.

**Характеристики материалов основания и утеплителей, необходимые для расчета:** толщина, м; плотность, кг/куб. м; коэффициент теплопроводности, Вт/(м°C); коэффициент паропроницаемости, мг/(м • ч • Па); изотерма сорбции, % влажности по массе<sup>1</sup>; коэффициент воздухопроницаемости, кг/(м • ч • Па); коэффициент влагопроводности<sup>1</sup>, г/(м • ч • %); коэффициент капиллярного всасывания<sup>1</sup>, см/мин.

**Характеристики элементов ФСЗ (кроме пленок и мембран), необходимые для расчета:** толщина воздушного зазора, м; материал кронштейнов; линейные размеры кронштейна (подробный чертеж или образец), м; количество кронштейнов основания на 1 кв. м; длина и диаметр анкерного дюбеля или анкера, крепящего кронштейн к стене, м; схема расположения направляющих; схема крепления направляющих к кронштейнам; материал крепежа (защелки и т. п.); материал облицовки; размеры облицовочных элементов, м; размеры терморазрывного элемента между кронштейном и основанием, м; коэффициент теплопроводности материала терморазрывного элемента, Вт/(м°C); величина зазоров между элементами облицовки, м; высота непрерывного воздушного зазора, м.

**В случае наличия пленок или мембран (гидроветрозащита, пароизоляция, теплоотражающая пленка, и т. п.) для них необходимы характеристики:** материал пленки; толщина пленки, м; сопротивление паропроницанию в конструкции, м<sup>2</sup> • ч • Па/мг;

сопротивление воздухопроницанию в конструкции, м<sup>2</sup> • ч • Па/кг; коэффициент отражения теплового излучения (для теплоотражающей пленки).

**Предварительное определение теплотехнических характеристик ФСЗ:** определение минимально необходимой толщины утеплителя; определение температуры и скорости движения воздуха в воздушном зазоре; определение влажностного режима конструкции в многолетнем цикле эксплуатации; расчет влажностного режима конструкции в многолетнем цикле эксплуатации; проверка насыщения воздуха в воздушном зазоре водяным паром.

Для определения таких характеристик конструкции, как долговечность и расчетная теплопроводность, рассчитывают влажностный режим конструкции в многолетнем цикле эксплуатации (нестационарный влажностный режим) по специальной программе для ЭВМ, в основу которой положена модель влагопереноса [ГОСТ 31]. В наружных граничных условиях учитывают сопротивление паропроницанию ветрозащиты и наружной облицовки, а также воздухообмен в воздушном зазоре.

Результатом расчета является распределение влажности по толщине конструкции в любой момент времени ее эксплуатации, по которому определяют эксплуатационную влажность материалов конструкции.

По результатам расчета устанавливаются соблюдение двух требований к конструкции.

Максимальная влажность утеплителя не должна превышать критической величины, которую принимают равной сумме  $w_s$  — расчетной влажности материала для условий эксплуатации Б по техническому свидетельству Госстроя России (далее ТС) на применяемый утеплитель и  $\Delta w_{cr}$  — предельно допустимого приращения влажности материала по СНиП, табл. 14\* [2] (для минеральной ваты — 3%).

Средняя влажность утеплителя и основания (в месяц наибольшего увлажнения) не должна превышать расчетную влажность материала для условий эксплуатации, принимаемую для материала основания по СНиП, прил. 3\* [2] и для утеплителя по ТС.

Если для какого-либо из слоев конструкции требования к влажностному режиму стены не выполняются, то рекомендуется усилить внутреннюю штукатурку или увеличить воздухообмен в воздушном зазоре, или уменьшить сопротивление паропроницанию ветрозащиты.

Влажность воздуха в воздушном зазоре, как и температура, неравномерно распределена по высоте зазора. Поднимаясь, воздух постепенно насыщается водяным па-

<sup>1</sup> Характеристики принимаются по данным НИИСФ.



ром и начиная с некоторой высоты не будет обеспечивать требуемого влагоудаления из утеплителя. Для предотвращения этого явления проводят расчет влажности воздуха на выходе из воздушного зазора.

#### Расчет влияния движения воздуха в конструкции на теплофизические характеристики ФСЗ:

- Расчет требуемой величины сопротивления воздухопроницанию ФСЗ для ограничения фильтрации воздуха в направлении, перпендикулярном плоскости стены.

Фильтрация воздуха через ограждающую конструкцию приводит к ухудшению или влажностного, или теплового состояния конструкции в зависимости от направления фильтрации. Наибольшее влияние на влажностный режим конструкций оказывает фильтрация воздуха в направлении, перпендикулярном плоскости стены. В связи с этим проводят оценку критической величины воздухопроницаемости стены и соответствующего ей требуемого сопротивления воздухопроницанию.

- Расчет требуемой величины сопротивления воздухопроницанию слоя ветрозащиты для ограничения фильтрации воздуха в утеплителе в направлении, параллельном плоскости стены (вертикальном и горизонтальном).

Для некоторых элементов фасада (простенков между окнами, углов, выступов и т. п.) возможно выдувание тепла из слоя утеплителя за счет фильтрации воздуха в утеплителе в направлении, параллельном плоскости стены. Для предотвращения влияния этого фактора на энергосбережение в здании проводят расчет максимальной скорости движения воздуха в утеплителе и дополнительного потока теплоты, создаваемого этим движением, для наиболее критичных элементов конструкции.

В узлах оконных откосов ветрозащита должна герметично примыкать к оконному обрамлению.

Для ветровых районов с V по VII и для зданий, имеющих отапливаемые помещения на высоте более 75 м от уровня земли, в любом ветровом районе требуемые характеристики ветрозащиты и утеплителя должны определяться отдельным теплотехническим расчетом.

Сопротивление воздухопроницанию ветрозащиты должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию ветрозащиты  $R_{\text{вз}}^{\text{тп}}$ .

Для снижения потерь теплоты за счет продольной фильтрации воздуха в утеплителе рекомендуется уменьшать воздухопроницаемость утеплителя или повышать сопротивление воздухопроницанию ветрозащиты.

#### Расчет температурного поля конструкции

Для окончательного варианта конструкции проводят проверку удовлетворения конструкции требованиям энерго-

сбережения и отсутствия локального выпадения конденсата на внутренней поверхности стены.

Расчет температурного поля позволяет определить приведенное сопротивление теплопередаче конструкции, температуру внутренней поверхности стены, локальные температуры в критических точках. Эти параметры неразрывно связаны с выбором конструкции ФСЗ.

Расчет приведенного сопротивления ФСЗ требует учета влияния способа крепления облицовки, ширины воздушного зазора и влажностного режима конструкции. Для обеспечения необходимой точности и адекватности результатов требуется расчет трехмерного температурного поля с граничными условиями, учитывающими эти особенности системы, и характеристики материалов, выбранные в соответствии с их расчетной влажностью.

На результаты расчета температурного поля конструкции накладывают следующие требования: приведенное сопротивление теплопередаче стены с учетом кронштейнов, анкеров и других теплопроводных включений должно соответствовать требованиям СНиП [2]; температура на внутренней поверхности ограждающей конструкции должна быть выше точки росы.

Если первое требование не выполняется, то увеличивают толщину утеплителя или изменяют способы крепления облицовки с целью повышения ее теплотехнической однородности.

Если не выполняется второе требование, то устраняют причины, вызвавшие понижение температуры.

#### АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ЭЛЕМЕНТОВ ФСЗ И ИХ СОЕДИНЕНИЙ

При проектировании и устройстве ФСЗ должен быть обеспечен выбор материалов и изделий для всех элементов конструкции ФСЗ, обеспечивающих практически безремонтную его эксплуатацию в течение заданного срока службы.

Рекомендации предусматривают устройство фасадов прежде всего на жилых, общественных и производственных зданиях с внутренней неагрессивной средой по СНиП [10], расположенных в районах городской и загородной (сельской) застройки.

Рекомендации не распространяются на производственные здания с агрессивной средой (СНиП [10]) и здания особого назначения, расположенные в прибрежных районах больших соленых водоемов, а также в районах солончаковых почв с содержанием в воздухе аэрозолей солей морской воды, хлористых солей и ионов хлора в концентрации, повышенной по отношению к обычному атмосферному фону. Устройство фасадов в этих условиях должно осуществляться по специальному проекту с учетом

особенности окружающей среды для каждого конкретного случая.

Элементы ФСЗ в течение всего эксплуатационного срока подвергаются воздействию воздушной атмосферной среды района застройки, контактируют между собой, со стеной утепляемого здания и с утеплителем, увлажняемым водяными парами, мигрирующими через стены утепляемого здания.

Элементы конструкции, находящиеся в воздушном зазоре, эксплуатируются в условиях постоянного интенсивного обмена с атмосферной средой. На них происходит как осаждение пыли и конденсата водяных паров, содержащих агрессивные агенты, имеющиеся в атмосфере, так и испарение влаги под воздействием восходящего потока воздуха в зазоре. К ним также возможно проникновение дождя и снега при ветровом напоре через зазоры между элементами облицовки и образование на них наледей.

Кислотные дожди, увеличивающаяся интенсивность автомобильного движения в городах и населенных пунктах, загрязненность атмосферы промышленными выбросами предъявляют высокие требования к коррозионной стойкости и надежности тонкостенных металлических конструкций фасада, эксплуатируемых в течение нескольких десятилетий и практически недоступных для осмотра и возобновления антикоррозионной защиты.

Районы расположения зданий, на которых устанавливают вентилируемые фасады, могут существенно отличаться по агрессивности воздействия атмосферной среды на возводимые конструкции. СНиП [10] содержит классификацию агрессивной среды преимущественно для внутрицеховой производственной воздушной среды, основанную на учете содержания в воздухе агрессивных газов и его относительной влажности. Достоверная статистическая информация о содержании агрессивных газов в атмосфере района предполагаемого строительства ФСЗ как правило отсутствует. Поэтому при разработке проекта следует использовать следующие описательные характеристики атмосферной среды районов строительства, учитывающие также опубликованные экспериментальные данные о скорости коррозионного износа основных металлов и металлических покрытий — стали, алюминиевых сплавов и цинка в различных атмосферных условиях.

*Неагрессивная среда* — сельские и загородные территории, районы дачной застройки, спальные районы вдали от предприятий с агрессивными газовыми выбросами, города и поселки, в которых отсутствуют загрязняющие воздух промышленные предприятия и т. п.

*Слабоагрессивная среда* — районы городской застройки, удаленные от магистралей с интенсивным автомобильным



движением и от промышленных предприятий с агрессивными выбросами.

**Среднеагрессивная среда** — районы городской застройки вблизи больших автомагистралей, крупных промышленных предприятий и ТЭС, загрязняющих воздух, города с высокой концентрацией промышленных предприятий (Кемерово, Новокузнецк и т. п.).

**Сильноагрессивная среда** — прибрежная зона солевого уноса побережья океана, морей и соленых озер, районы солончаковых почв с повышенным содержанием в воздухе аэрозолей соленой воды, ионов хлора и хлористых солей по отношению к нормальному атмосферному фону (концентрация хлорид-иона в атмосфере  $C1 > 0,1$  мг/куб. м).

Классификация районов строительства для неагрессивной, слабо- и среднеагрессивной среды предполагает их нахождение в нормальной зоне по влажности в соответствии со СНиП [2]. В том случае, если район строительства находится в сухой зоне, характеристика среды сдвигается на одну ступень в сторону неагрессивной среды, а если во влажной зоне — на одну ступень в сторону сильноагрессивной среды.

При проектировании ФСЗ должны учитываться экспериментальные данные, полученные при определении коррозионного износа металлов и металлических покрытий в атмосферных условиях при нахождении образцов под открытым небом и под навесом. Кроме того, необходимо учитывать коррозию металлов в контакте со строительными материалами, что моделирует работу крепежных элементов, фиксирующих керамические и цементные фасадные плиты (панели) на направляющих и условия работы самих направляющих на участках контакта с металлическими фасадными панелями.

Скорость коррозии углеродистой стали в открытой атмосфере промышленного города по результатам многолетних испытаний составляет около 50 мкм/год, цинковых покрытий — 3–5 мкм/год, алюминия — 0,5–1,0 мкм/год. В сельской местности скорость коррозии цинка — 0,5–1,0 мкм/год, алюминия — 0,5 мкм/год.

Скорость коррозии указанных металлов при испытании под навесом, т.е. защищенных от прямого воздействия атмосферных осадков, в среднем на 30% меньше, чем под открытым небом, а при испытаниях в контакте с пористыми строительными материалами — на 30–50% выше.

Условия эксплуатации элементов ФСЗ по степени агрессивности атмосферных воздействий могут быть оценены как промежуточные между открытым воздействием в атмосфере и под навесом. Из соображений обеспечения запаса по долговечности с учетом неремонтопригодности конструкций и возможности ее прогрессирующего разрушения целесообразно

при проектировании ориентироваться на скорости коррозии металлов, характерные для их поведения в атмосфере при отсутствии защиты.

Минераловатные утеплители, обычно применяемые в ФСЗ, как правило изготавливают на фенольном связующем. Скорость коррозии металлов во влажной минераловатной плите допускается принимать: сталь углеродистая — 70 мкм/год; цинк — 15 мкм/год и алюминий — 0,5 мкм/год.

При прямом контакте разнородных металлов, например, коррозионностойкой стали с цинковым покрытием или алюминиевым сплавом, в условиях увлажнения возможно образование пар контактной коррозии, в результате чего резко ускоряется локальный коррозионный износ металла, имеющего более отрицательный электрохимический потенциал, в данном случае цинка или алюминия. Во избежание контактной коррозии необходимо изолировать места контакта, например, путем применения полимерных непроводящих шайб или прокладок из твердого долговечного материала. Риск коррозии снижается также при конструктивном решении места контакта и его расположения, уменьшающего вероятность увлажнения места контакта с атмосферной влагой или конденсатом водяных паров.

Крепежные элементы, подвергающиеся воздействию агрессивной среды или атмосферных осадков, целесообразно изготавливать из коррозионностойких материалов. При применении крепежных оцинкованных элементов из углеродистой стали толщина цинкового гальванического покрытия должна быть не меньше 15 мкм, а цинкового термодиффузионного покрытия — не менее 25 мкм. Дополнительная защита на монтаже лакокрасочными материалами должна соответствовать требованиям СНиП, приложение 14 [10].

Применяемые для изготовления элементов ФСЗ, эксплуатируемых в агрессивной среде, оцинкованная тонколистовая сталь по ГОСТу [9] и профили из алюминиевых сплавов по СНиП [13] должны иметь долговечные в атмосферных условиях, наносимые на заводских линиях окрашивания порошковые горячего отверждения, полимерные (например, полиэфирные) покрытия. Толщину покрытия устанавливают, исходя из конкретной степени агрессивности окружающей среды.

Для защиты тонколистовой стали рекомендуется также применение цинко-алюминиевого покрытия (типа гальвалюм), имеющего при эксплуатации в атмосферных условиях значительно более высокую стойкость, чем цинковое покрытие.

При проведении работ на монтаже с металлическими элементами (сверление, резка и др.) должны приниматься меры, исключающие повреждение полимерного или металлического покрытия на близлежащих участ-

ках. Поврежденные участки должны восстанавливаться долговечными атмосферостойкими лакокрасочными покрытиями.

Тарельчатые дюбели, используемые для крепления утеплителя к утепляемой стене, должны иметь перфорированную тарелку, исключающую накопление под ней влаги, мигрирующей из помещения. Стальные распорные элементы тарельчатых дюбелей, закрепляемые в стене с помощью составных полимерных гильз, могут применяться из углеродистой оцинкованной стали в том случае, если по данным теплотехнического расчета в стене не происходит выпадения конденсата. Кляммеры, используемые для крепления фасадных плит, являются весьма ответственными конструктивными элементами, которые необходимо изготавливать из коррозионностойких сталей.

Практическая неремонтопригодность рассматриваемых фасадных систем, отсутствие опыта их длительной эксплуатации, возможность прогрессирующего разрушения, тонкостенность основных несущих конструкций и возможность повышения со временем степени агрессивности среды предъявляют в комплексе высокие требования к коррозионной надежности конструкций ФСЗ.

Информацию подготовили:

**Т. И. МАМЕДОВ**, директор Федерального научно-технического центра сертификации в строительстве Госстроя России (ФЦС),  
**Д. М. ЛАКОВСКИЙ**, гл. специалист ФЦС,  
**О. И. ПОНОМАРЕВ**, зам. директора по научной работе, **А. В. ПЕСТРИЦКИЙ**, руководитель Центра противопожарных исследований, **А. Б. КАЦНЕЛЬСОН**, к. т. н., ведущий научный сотрудник. ЦНИИСК им. Кучеренко; **В. Ф. БЕЛЯЕВ**, начальник отдела строительных конструкций ЦНИИ Проектстальконструкция;  
**А. М. ПОДВАЛЬНЫЙ**, д. т. н., гл. научный сотрудник НИИЖБ;  
**В. Г. ГАГАРИН**, д. т. н., гл. научный сотрудник, **В. В. КОЗЛОВ**, инженер. НИИСФ РААСН.

# ПЕРЕЧЕНЬ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

1. СНиП 2.01.07-85\* «Нагрузки и воздействия».
2. СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника».
3. СП 23-101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий».
4. МГСН 2.01.99 «Нормативы по теплозащите и тепловодоснабжению». ГУП НИАП. М. 1999 г.
5. ГОСТ 17177-94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний».
6. ГОСТ Р 71351-2003 «Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности. Стены наружные с внешней стороны».
7. ГОСТ 30403-96 Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности.
8. СНиП II-26-76. Кровли.
9. ГОСТ 14918-87 Сталь тонколистовая оцинкованная с непрерывных линий. Технические условия.
10. СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии».
11. СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии».
12. СНиП II-23-81\* «Стальные конструкции».
13. СНиП 2.03.06-85 «Алюминиевые конструкции».
14. СНиП 21-01-97\* «Пожарная безопасность зданий и сооружений».