

## **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ УТЕПЛЕНИЯ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С ВЕНТИЛИРУЕМЫМИ ВОЗДУШНЫМИ ПРОСЛОЙКАМИ**

**Кандидаты техн. наук, доценты ФИАЛКО И. Ф., СТАЦЕНКО А. С.**

*Межотраслевой институт повышения квалификации  
и переподготовки кадров по менеджменту и развитию персонала БНТУ*

Сокращение потребления энергии и повышение энергоэффективности зданий и сооружений являются важными факторами обеспечения безопасности среды обитания и приоритетными направлениями государственной хозяйственной политики. Это особенно актуально при ограниченных природных топливно-энергетических ресурсах и росте мировых цен на них.

Для работы в условиях рыночных отношений при использовании энергоресурсов к 2010 г. в Республике Беларусь планируется снизить энергоемкость ВВП не менее чем на 31 % к уровню 2005 г., к 2015 – на 50 %, к 2020 – на 60 %, так как энергозатраты на белорусских предприятиях в 1,5–2,0 раза выше по сравнению с европейскими производителями [1]. Сегодня в Республике Беларусь более 35 % энергоресурсов расходуется на отопление зданий [2] в основном как следствие заниженной теплозащиты. Для отопления и горячего водоснабжения жилого фонда потребляется около 40 % производимой в стране тепловой энергии [3]. Возникающие в связи с этим задачи по экономии энергоресурсов могут быть решены обеспечением в сжатые сроки максимальных показателей по энергосбережению при строительстве и эксплуатации зданий.

В Западной Европе за период с 2000 г. нормативный уровень теплопотерь при эксплуатации зданий уменьшился почти вдвое и составляет  $70 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год. До 2015 г. при строительстве новых зданий планируется снизить уровень энергопотерь до  $15\text{--}30 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год. В Беларуси новые нормативные требования к теплопотерям здания, устанавливающие их уровень на отметке  $30 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в год, планируется ввести с 2011 г.

Значение различных мероприятий в общем резерве энергосбережения в жилых и общественных зданиях (рис. 1) на основании результатов выполненных для условий Российской Федерации (где климатические условия приближены к белорусским) расчетов [4] подтверждают необходимость существенного снижения теплопотерь за счет повышения теплозащиты ограждений вновь возводимых и, что особенно злободневно, эксплуатируемых зданий при их тепловой модернизации.

Повышение сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций достигается тепловой изоляцией зданий с применением специальных конструкций – систем утепления. Наибольшее распространение в Республике Беларусь на сегодняшний день получила легкая штукатурная система утепления наружных стен, предусматривающая приклеивание теплоизоляционных плит к подоснове с последующим нанесением защитно-отделочных слоев, как правило, из полимерминеральных составов. Данная система утепления оказалась наиболее экономичной и технологичной.

Имеются определенные ограничения устройства легкой штукатурной системы утепления в зимних условиях, а низкая паропроницаемость наружных слоев не позволяет использовать ее на зданиях с влажным и мокрым режимами эксплуатации.

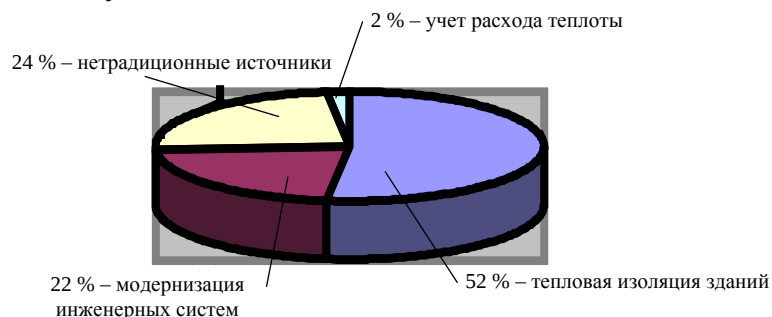


Рис. 1. Источники энергосбережения в жилых и общественных зданиях

Эффективными для утепления и отделки зданий считаются также вентилируемые фасадные системы утепления наружных стен, в которых конструкция стен предусматривает устройство вентилируемых воздушных прослоек шириной, как правило, от 40 до 70 мм между наружной стороной утеплителя и облицовкой для удаления водяного пара из утеплителя. Наружные стены зданий по месту размещения воздушной вентилируемой прослойки разделяются на стены с вентилируемой прослойкой или с вентилируемым фасадом [5] и в зависимости от площади входных и выходных отверстий для вентилирующего воздуха классифицируются на слабо вентилируемые, частично вентилируемые и вентилируемые. В любой конструкции основное внимание необходимо обращать на роль воздушного зазора, наличие которого должно обеспечить соблюдение требуемых условий безопасной и долговечной эксплуатации наружных стен. Стены с вентилируемой воздушной прослойкой в качестве защитно-декоративного экрана имеют сплошную облицовку (например, кирпичную) из теплоемких материалов и иногда применяются для многоэтажных зданий высотой до девяти этажей. Стены с вентилируемым фасадом имеют экраны, выполненные из нетеплоемких плитных материалов (навесные системы). В них защита наружных ограждающих конструкций и утеплителя осуществляется при помощи декоративной стены-экрана, смонтированной таким образом, что между ней и слоем теплоизоляции образуется воздушная прослойка.

Определяющим признаком всех систем являются функции воздушного зазора, регулирующего их работу в процессе эксплуатации, что и предопределяет используемое наименование «фасадные системы с воздушным зазором». Вентилируемая воздушная прослойка позволяет использовать данные системы утепления для зданий с высокими декоративными свойствами, для тепловой изоляции стен зданий с мокрыми и влажными режимами эксплуатации помещений. Отсутствие «мокрых» процессов позволяет выполнять работы круглый год, наличие специальных несущих элементов практически не ограничивает толщину утеплителя и соответственно величину, до которой может быть повышено сопротивление теплопередаче стен.

Подобные технологии благодаря широким технологическим и эстетическим возможностям быстро нашли своих приверженцев. В настоящее время известно более 40 вариантов навесных систем, но и эта цифра, по-видимому, не предел. Тем не менее любая конструкция должна обеспечивать снижение воздействия на конструкцию наружной стены и утеплитель атмосферной влаги и осадков (дождь, мокрый снег), предотвращать конденсацию диффундирующего из помещений в воздушный зазор водяного пара и обледенение внутренней поверхности облицовки. Важно, чтобы система, в которой между экраном и утеплителем предусмотрен воздушный зазор, решала главные задачи – предотвращала утечку теплоты и обеспечивала эффективное удаление диффундирующей в зазор влаги. Это возможно только при четком уяснении процессов тепломассообмена и аэродинамики в воздушной прослойке, на которые существенно влияют ее габариты.

На встречах-дискуссиях ведущих специалистов фасадостроения отмечается, что понятие «вентилируемый фасад» недостаточно раскрывает физическую сущность работы системы «стена – экран» [6]. Во всяком случае определяющим признаком рассматриваемых систем является наличие воздушного зазора, функционально обеспечивающего их работу в процессе эксплуатации. В Финляндии некоторые производители вентиляруемых систем классифицируют фасады следующим образом: если фасад имеет зазор до 8 см, то он относится к категории невентилируемых, при ширине зазора более 8 см фасад считается вентиляруемым.

Необходимо, чтобы вентиляруемый фасад обеспечивал активную защиту от атмосферных осадков путем создания в воздушном зазоре давления, препятствующего проникновению этих осадков внутрь системы. В чем состоит эта активная защита? При наличии в плоскости облицовки достаточного количества отверстий (швов) создаваемое ветром давление помогает воздуху легко проникать внутрь воздушного зазора и компенсируется путем выравнивания (увеличения давления в воздушном зазоре). Чем быстрее внутреннее давление сравняется с внешним на каждом участке фасада, тем меньше влаги проникнет внутрь. В какой-то степени этой цели служат и швы в наружной облицовке. Вопрос об их оптимальной ширине пока еще мало изучен. Если же ориентироваться на зарубежный опыт проектирования, то при использовании в качестве элементов облицовки плит размером 600×600 мм минимальная ширина швов должна составлять 5–6 мм, хотя в некоторых источниках называется цифра в 10 мм.

Результаты ряда работ свидетельствуют о том, что вблизи как вертикальных, так и горизонтальных углов (перед кровлей) образуется резкий перепад давления в связи с разностью ветровых нагрузок на соседних плоскостях (за углом). Эта разность давлений приводит к постоянному перетоку воздуха из одного воздушного зазора в другой (за угол), препятствуя выравниванию давления в зазоре с наружным давлением. Как следствие, в этих зонах фасад работает, как пылесос, втягивая в себя наружный воздух со всеми атмосферными осадками. Чтобы устранить это явление, необходимо воспрепятствовать горизонтальному потоку воздуха внутри вентиляруемого фасада, а также вертикальному потоку вблизи кровель.

При этом скорость выравнивания давления в воздушной прослойке с внешним тем больше, чем больше отверстия (швы) во внешней облицовке и чем больше внутри системы воздушно-независимых (отделенных друг от друга) зон, т. е. перегородок (особенно вертикальных).

Предполагается, что проветривание через швы для выравнивания давления наружного воздуха – основное отличие навесных вентфасадов от многослойных систем утепления с воздушным зазором, в которых в качестве защитно-декоративного экрана используется сплошная облицовка с продухами на уровне цоколя и под карнизом. Упрощенно физику работы такой системы сводят к тому, что парциальное давление водяного пара внутри здания, как правило, больше парциального давления водяного пара снаружи (за счет разницы температур), поэтому такая система одновременно с утеплением обеспечивает наиболее легкое удаление избыточной влаги из внутренних помещений, несущих стен и утеплителя (здание «дышит»). В этом наиболее часто видят главное и практически единственное преимущество такой системы перед невентилируемой. При этом очевидны два вывода:

- чем меньше препятствий к перемещению воздуха в воздушной прослойке, тем она лучше вентилируется и легче удаляется избыточная влага из здания;
- наружная облицовка выполняет защитно-декоративную роль, и отверстия в ней (швы и щели) являются либо технологическими (из-за невозможности по-другому закрепить облицовочный материал), либо предназначенными для дополнительной вентиляции.

Вызывает сомнение тот факт, что это только часть тех физических принципов, которые отличают такие фасады от утепленных фасадов с воздушным зазором и сплошной внешней защитно-декоративной облицовкой. Ясно, что при достаточной вентиляции (поддува внизу и выпускной щели сверху) швы и щели наружной облицовки необходимо минимизировать, чтобы уменьшить проникновение внутрь атмосферных осадков.

В прослойке протекают сложнейшие процессы как влагообмена, так и аэродинамики воздушных масс, которые требуют глубокого уяснения на основе комплексных исследований с разработкой методик расчетов. Сегодня отсутствуют сведения о требуемых расходах воздуха для удаления из прослоек водяного пара. Даже расчеты по увязке потерь давления при движении воздуха без проникновения дополнительных масс через щели облицовки не имеют четких регламентаций и математических описаний в зависимости от высоты, ширины прослойки и количества воздуха. Окончательно не определены исходные параметры – температуры расчетная для отопления или отопительного периода.

При расчете ветровых нагрузок больше всего проблем возникает в области строительной аэродинамики, что требует проведения серьезных исследований. Например, как определить скорость воздушного потока за экраном, если известно, что она изменяется в зависимости от величины воздушного зазора, размера элементов облицовки, ширины межплитных швов, высоты здания, ветровых нагрузок и т. д.?

Постоянные трудности возникают при проектировании уникальных объектов. В принципе в ТНПА, которыми пользуются в настоящее время, приведены рекомендации по назначению аэродинамических коэффициентов, но все они действительны лишь для зданий прямоугольной в плане формы. Однако в последние годы наметилась тенденция к усложнению проектов, увеличивается количество уникальных объектов, отличающихся выразительной пластикой, сложным объемно-пространственным решением, намечается массовое строительство высотных зданий. Как будут работать фасады таких архитектурных шедевров в условиях резких перепадов давления в местах перетекания воздуха? Как выполнять комплексные расчеты конструкций систем утепления с учетом ветровых нагрузок на высоте 100 м и более?

Очень важная проблема – долговечность систем. Строятся здания высокого класса, которые должны прослужить 50–100 лет и более. Нередко поставщики вентилируемых фасадов дают гарантию лишь на год, правда, уверяя при этом, что действительный срок службы систем гораздо больше, например 12 лет. Поэтому уже сегодня в фасадостроении необходимо использовать такие технологии защитно-декоративной отделки наружных стен, чтобы долговечность фасада была соизмерима со сроком службы здания. А это означает, что в проект должны закладываться материалы, способные прослужить не менее 50 лет.

Достижение нормируемых значений сопротивления теплопередаче стен с вентилируемыми фасадами – это задача, которую надо решать с учетом влияния крепежных элементов из пластмассы, алюминия или стали. Металлоемкость фасадной системы высотного здания будет намного больше, нежели металлоемкость системы малоэтажного объекта. В связи с этим возникает проблема повышения коэффициента теплотехнической однородности фасадной системы.

Поскольку у стали коэффициент теплопроводности в несколько раз меньше, чем у алюминия, на зданиях повышенной этажности целесообразнее применять фасадные системы, опорные элементы которых изготовлены из коррозионно-стойкой стали. Однако для любых видов элементов крепления необходимо знать коэффициент теплотехнической неоднородности конструкции, значения которых приведены в пособиях для ограниченного количества конкретных инженерных решений. Как следствие, для подавляющего числа систем сопротивление теплопередаче следует определять на основании расчетов температурных полей, программы которых для трехмерных полей крайне сложны для инженерных задач. Таким образом насущной является необходимость разработки пособий по расчету многочисленных конструкций таких систем с таблицами справочных данных для инженерных расчетов.

Отсутствие закономерностей, описывающих физические процессы в прослойках фасадных систем с воздушным зазором, поставили знак равенства между проектировщиком и разработчиком системы. Проектировщика не очень интересует, куда будет двигаться воздух в зазоре, что там будет происходить, поскольку вентилируемые фасады – это прежде всего средство реализации творческих замыслов и лишь потом – метод утепле-

ния здания, пусть даже и высокоэффективный. Проектировщику важно знать, какими конструктивными и архитектурными возможностями обладают вентсистемы, существуют ли какие-нибудь ограничения при их использовании, когда и как можно применять подобные технологии, и вовсе необязательно разбираться во всех тонкостях физических процессов, которые изложены выше.

## ВЫВОДЫ

Системы утепления наружных стен зданий и сооружений с вентилируемыми воздушными прослойками – энергоэффективное и достаточно сложное, наукоемкое направление в фасадостроении.

Для повышения энергоэффективности таких систем, обеспечения их безопасности и эффективности необходимо:

1) совершенствовать нормативную базу, в которой в достаточной мере регламентировать процессы проектирования, изготовления, монтажа и эксплуатации систем;

2) достаточно глубоко исследовать вопросы, связанные с физическими процессами в вентилируемых фасадах:

- совершенствование методики расчета приведенного сопротивления теплопередаче;
- разработку методики расчета тепловоздушного режима в воздушном зазоре;
- уточнение методики расчета влажностного режима всей конструкции в целом;
- корректировку методики расчета температурных деформаций элементов конструкции;
- разработку методики определения оптимальных характеристик гидроветрозащиты, в том числе аэродинамических характеристик системы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Энергоэффективные технологии и решения // Строительство и недвижимость. – 2008. – 16 сент.
2. Кузьмичев, Р. Как сделать наружные ограждающие конструкции энергоэффективными / Р. Кузьмичев // Республиканская строительная газета. – 2007. – 27 июня.
3. Данилевский, Л. Повышение энергоэффективности зданий / Л. Данилевский // Архитектура и строительство. – 2005. – № 4.
4. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях / А. И. Колесников [и др.]. – М.: ИНФРА-М, 2005.
5. Рекомендации по расчету и проектированию вентилируемых систем утепления наружных стен зданий / Р 1.04.009.04. – Минск: НИПТИС, 2004.
6. Вентилируемые фасады: мифы и реальность. [www.stroinauka.ru/](http://www.stroinauka.ru/)

Представлена кафедрой строительства  
и эксплуатации зданий и сооружений

Поступила 12.12.2009