

УДК. 728.3: 699.86

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАРУЖНЫХ СТЕН МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Стерлягов А.Н., Низовцев М.И.

Институт теплофизики СО РАН, г. Новосибирск

С 20 мая 2011 г. постановлением Госстроя России приняты и введены в действие СП 55.13330.2011 «Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001» [1]. Настоящие нормы разработаны в связи с возрастающим объёмом строительства и развитием рынка одноквартирных жилых домов. Так, по итогам 2014 года на территории Новосибирской области сдано в эксплуатацию жилья общей площадью 1,7 млн. м², в том числе малоэтажного - 707 тыс. м², то есть 41 % от общего объёма введенного жилья (в 2013г. - 32% от общего уровня) [2]. Подобная ситуация наблюдается в целом по стране. Растущий объём нового малоэтажного жилья требует разработки ряда стандартов эксплуатационных характеристик отдельно стоящих и блокированных жилых домов. Разработанные строительные нормы, как правило, применяются ко всем малоэтажным жилым домам независимо от того, за счёт средств каких организаций или индивидуальных застройщиков они строятся.

По разным оценкам от 30 до 40% мировых энергетических ресурсов расходуется на энергоснабжение зданий и сооружений [3]. Поэтому для эффективного использования энергетических ресурсов, прежде чем начать строить или проектировать здание, необходимо решить проблему максимального сбережения в нем тепла, которое уходит через пол, стены, окна, покрытие и вентиляцию. При оценке энергоэффективности жилого дома по характеристикам его строительных конструкций требования строительных норм считаются выполненными, если приведенное сопротивление теплопередаче и воздухопроницаемость ограждающих конструкций не ниже нормируемых. Нормируемые показатели определяются из требований выполнения санитарно-гигиенических условий в помещениях и удельного расхода тепловой энергии на отопление здания [3]. В структуре теплового баланса одноэтажного жилого здания теплотери в холодный период года через наружные стены составляют 15 – 30% от общих потерь [4]. Толщина и конструкция наружной стены принимается по конструктивным соображениям и в соответствии с теплотехническими расчётами.

В докладе представлены данные по теплотехническим особенностям наружных стен зданий, полученные в результате исследований тепло- и влагопереноса в строительных конструкциях, выполненные в Институте теплофизике СО РАН за последние годы [5]. В условиях современного развитого рынка строительных материалов в малоэтажном строительстве встречается большое разнообразие типов и конструкций наружных стен. При этом для каждой конструкции наружной стены свойственны свои теплотехнические особенности. В целом большинство используемых в малоэтажном строительстве наружных стен можно разделить на однослойные и многослойные.

Однослойные наружные стены, как правило, выполнены из одного основного строительного материала и внутренней и внешней отделки (штукатурки, покраски). Теплотехническим преимуществом однослойных наружных стен является их однородность и соответственно равномерное температурное поле. Кроме того, линейное распределение температуры и парциального давления по толщине стены

исключает возможность накопления влаги в таких конструкциях в обычных условиях эксплуатации. Наиболее распространенными однослойными наружными стенами малоэтажных зданий в России на данный момент являются деревянные и кирпичные (до 50% от общего объема) [6]. Несмотря на то, что данные конструкции являются однослойными, они выполнены из отдельных элементов (брус, бревно, кирпич и т. д.), поэтому для таких конструкций характерны проблемы, связанные со швами и стыками между отдельными элементами. Тепловизионные обследования подобных зданий показали, что для деревянных брусчатых наружных стен могут наблюдаться проблемы, связанные с повышенными теплотерями через швы (рис. 1). Вероятно, это обусловлено недостаточной ветрозащитой стен даже при условии тщательной заделки швов.

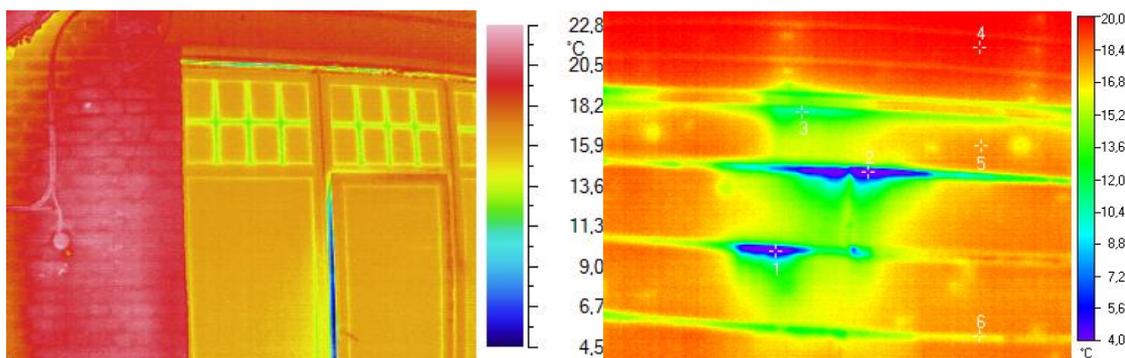


Рис. 1. Термограммы внутренней поверхности стен кирпичного и брусчатого зданий.

У большинства конструкционных материалов таких как, например, кирпич, не высокие теплотехнические характеристики. В результате, для того чтобы стены из данных материалов удовлетворяли современным нормативным требованиям по сопротивлению теплопередаче, необходимо выполнять их значительной толщиной, что экономически нецелесообразно.

В последнее время большое распространение получили однослойные наружные стены из конструкционно-теплоизоляционных материалов, таких как ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон), полистиролбетон и т.д. Такие стены могут оказаться экономически целесообразными, если за расчетную теплопроводность принимать фактически наблюдаемую в эксплуатируемых на протяжении многих лет конструкциях. По данным ЦНИИЭП жилища [7], НИИЖБа и ряда других организаций фактическая эксплуатационная влажность ячеистых бетонов значительно ниже установленных СНиПом влажностей в 8 и 12 % для условий А и Б. Это значит, что расчетную теплопроводность ячеистых бетонов следует назначать на существенно более низком уровне. В этом случае толщина наружных ячеистобетонных стен может составлять для центральных регионов России приемлемую толщину 55 - 60 см при плотности бетона 600 кг/м^3 . Особенностью конструкционно-теплоизоляционных материалов являются высокие паропроницаемость и водопоглощение. Поэтому в наружных стенах, выполненных из таких материалов, необходимо обеспечить беспрепятственный перенос пара изнутри помещения наружу. Этого можно добиться применением высокопаропроницаемых штукатурок или с помощью пароизоляции. Наружные стены из конструкционно-теплоизоляционных материалов могут быть возведены, как по монолитной технологии непосредственно на стройплощадке, так и из отдельных блоков заводского изготовления. В последнем варианте, как правило, наблюдается более высокое качество изготовления, однако возможны проблемы связанные с высокой воздухопроницаемостью стыков.

В настоящее время большинство наружных стен, применяемых в современной практике строительства малоэтажных зданий, относится к многослойным. В многослойных конструкциях, как правило, имеется слой конструкционного материала, отвечающий за прочностные свойства стены и слой теплоизоляционного материала, обеспечивающего теплозащитные свойства конструкции. Многослойные наружные стены с теплоизоляционным слоем для малоэтажного строительства проектируются с использованием различных конструкционных материалов и изделий: лесоматериалы, кирпич, камень, различные панели, монолитный бетон и др. В зависимости от применяемых материалов, конструктивные решения стен имеют свои особенности и правила конструирования [8]. Проблему утепления стен зданий технически можно решать путем их утепления либо с наружной, либо с внутренней стороны.

При внутреннем утеплении стена, расположенная перед утеплителем, находится в зоне отрицательных температур, которая отчасти захватывает и собственно утеплитель. Кроме того, нарушается естественная диффузия водяных паров, и создаются условия для образования конденсата в толще конструкции на границе утеплителя и стены. Следует обратить внимание на тот факт, что при внутреннем утеплении практически невозможно установить теплоизоляционный материал в местах примыкания перекрытий к наружной стене. Здесь образуются “мостики холода”, причем потери тепла в этих зонах могут превышать потери через остальную площадь стены (рис. 2). Внутреннюю теплоизоляцию допустимо применять только при невозможности использования наружной при обязательном расчете и проверке годового баланса влагонакопления в конструкции.

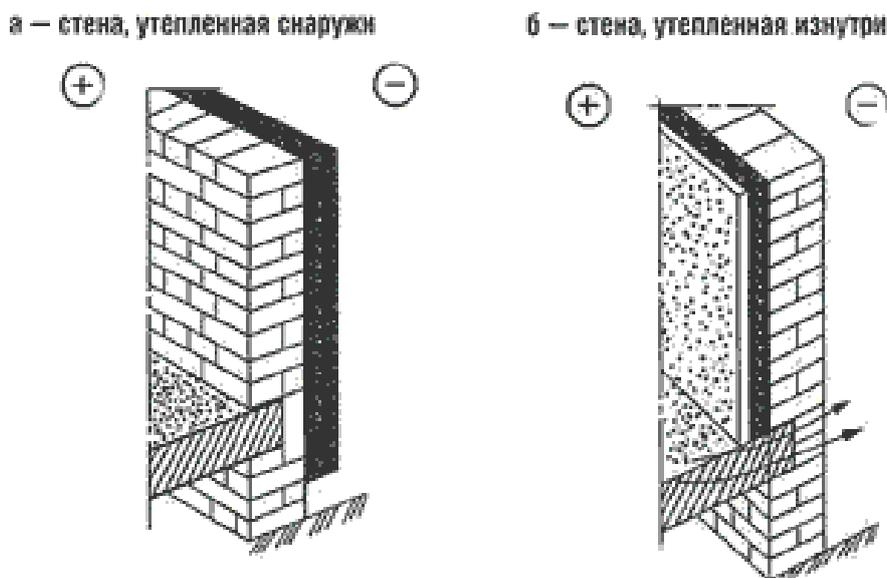


Рис. 2. Варианты наружного и внутреннего утепления наружных стен.

При наружном утеплении снижение температуры по толщине стены происходит достаточно медленно и плавно. Резкое падение температуры наблюдается ближе к наружной стороне, а зона отрицательных температур располагается в толще слоя дополнительной теплоизоляции. Расположение плотных, плохо пропускающих водяные пары материалов изнутри, а легких и пористых снаружи благоприятно влияет на влажностный режим стены и не создает условий для скопления в ней влаги. Если теплоизоляционный материал надежно защищен от атмосферных воздействий (дождя, снега, солнечной радиации), такая стена в течение всего года сохраняет высокие теплозащитные свойства. С точки зрения поддержания нормального температурно-

влажностного режима утепление с наружной стороны стены является оптимальным. Однако этот процесс отличается повышенной сложностью и трудоемкостью, требует тщательного подбора отделочных материалов. При этом наружный отделочный слой необходимо надежно соединить с несущей частью стены. Внутренний и наружный конструкционные слои соединяются между собой гибкими или жесткими связями. С позиций теплотехники эти связи являются мостиками холода и снижают термическое сопротивление ограждающей конструкции. Предпочтительными и наиболее перспективными являются связи из стеклопластика, обладающего низкой теплопроводностью, высокой прочностью и коррозионной стойкостью. Необходимость в установке связей отпадает в случае использования монолитного утеплителя (например, полистиролбетона), способного надёжно сцепляться с конструктивными слоями. При эксплуатации многослойных стен существует ещё одна серьёзная проблема – конденсация влаги внутри конструкции. Во избежание отсыревания утеплителя и потери им теплоизоляционных свойств необходимо устройство пароизоляционного слоя перед утеплителем с внутренней стороны, при этом наружный конструкционный слой должен иметь достаточную паропроницаемость.

Системы наружного утепления с внешней сплошной облицовкой, вследствие нее, с недостаточной паропроницаемостью, выполняют с воздушным вентилируемым зазором между утеплителем и облицовкой. Системы наружного утепления фасадов с вентилируемой воздушной прослойкой представляют собой конструкцию, в которой между утеплителем и защитной облицовкой расположена вентилируемая воздушная прослойка (рис. 3).

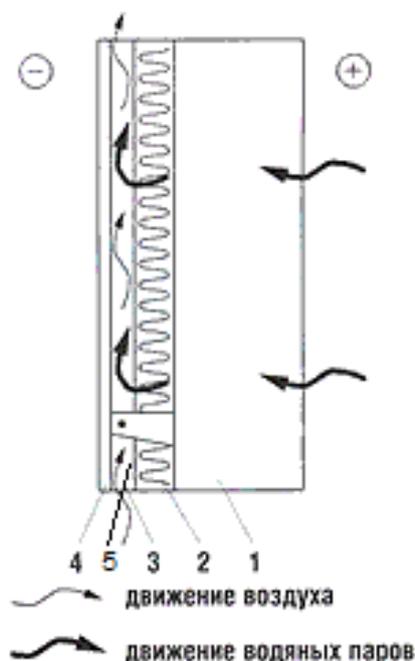


Рис. 3. Конструкции наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой: 1 - утепляемая стена; 2 - утеплитель; 3 - вентилируемая прослойка; 4 - наружная облицовка; 5 – ветрозащитная пленка.

В холодное время года водяные пары, диффундирующие из помещения наружу, попадают в утепляющий слой и вызывают повышение влажности утеплителя, что влечет за собой снижение его теплозащитных характеристик. Благодаря наличию вентилируемой воздушной прослойки влага не задерживается в толще утеплителя, а удаляется из нее восходящим потоком воздуха. Такая конструкция фасада позволяет стенам круглый год оставаться в сухом состоянии и сохранять высокие теплозащитные

качества. Для вентилируемых стен подходит не каждый утеплитель. Нет смысла применять закрытопористые материалы с низкой паропроницаемостью. Если с наружной стороны установить, например, пенопласт, то образуется пароизоляционный барьер. Влага будет накапливаться в зоне стены, контактирующей с воздухом помещения, и это приведёт к повышению влажности материала стены. Оптимальное влажностное состояние рассматриваемой конструкции может обеспечить гидрофобный утеплитель, например, минераловатная плита. Важным элементом наружных стен с вентилируемой воздушной прослойкой является гидроветрозащита. Эту функцию может выполнять специальная плёнка (мембрана) или теплоизоляционная плита с покрытием диффузионной плёнкой. Плёнка защищает теплоизоляционный слой от проникновения влаги снаружи и способствует выходу пара наружу. Кроме того, использование ветрозащитной пленки предотвращает выветривание минераловатного утеплителя.

При наружном утеплении деревянных и кирпичных стен, их часто облицовывают с наружной стороны кирпичом, мелкими блоками, керамическими или бетонными камнями. В качестве утепляющего материала используют плиты из минваты или стекловаты, размещаемые в пространстве между облицовкой и основной стеной, и предусматривают вентилируемую воздушную прослойку (рис. 4).

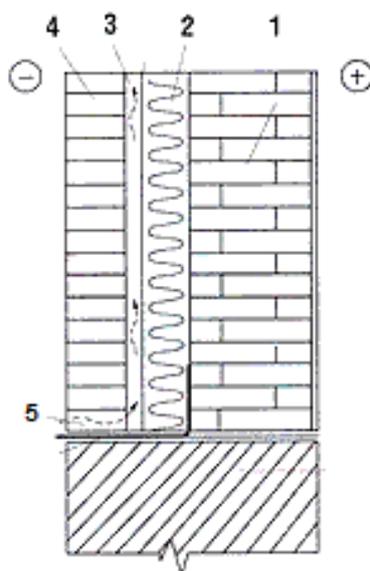


Рис. 4. Наружная стена с вентилируемой воздушной прослойкой и облицовкой кирпичом: 1 - утепляемая стена; 2 - утеплитель; 3 - вентилируемая воздушная прослойка; 4 - наружная облицовка; 5 - вентиляционный продух.

Для вентиляции полости стены в нижнем ряду кладки устраивают специальные продухи. Для нижних продухов можно использовать щелевой кирпич, положенный на ребро таким образом, чтобы наружный воздух через отверстия в кирпиче имел возможность проникать в воздушную прослойку в стене. Верхние продухи предусматривают в карнизной части стены. Расчеты влажностного режима, выполненные по общепринятым методикам, показывают, что в таких стенах будет накопление влаги в теплоизоляционном слое. В тоже время, в профессиональной среде строителей существует мнение [7], что системы утепления с облицовкой кирпичом или другими мелкоштучными материалами обладают достаточной паропроницаемостью и не требуют обязательного устройства вентилируемого зазора. Данное мнение

справедливо, если расчетный коэффициент паропроницаемости для облицовочного слоя кирпичной кладки принимать существенно выше, чем для обычной кирпичной кладки [9]. Однако это должно быть подтверждено соответствующими экспериментальными и натурными исследованиями.

В последнее время активно применяются системы с навесным защитно-декоративным экраном и вентилируемой воздушной прослойкой. Данная система является одной из наиболее дорогостоящих, однако обладает рядом достоинств, поэтому получила широкое распространение. Такая система способствует созданию устойчивого режима передачи тепла, влаги, воздуха через наружные стены при любых условиях эксплуатации. Система утепления с навесным экраном представляет собой конструкцию, состоящую из наружной облицовки, продуваемой воздушной прослойки, несущей под облицовочной конструкции, утеплителя и конструкционного слоя (рис. 5).

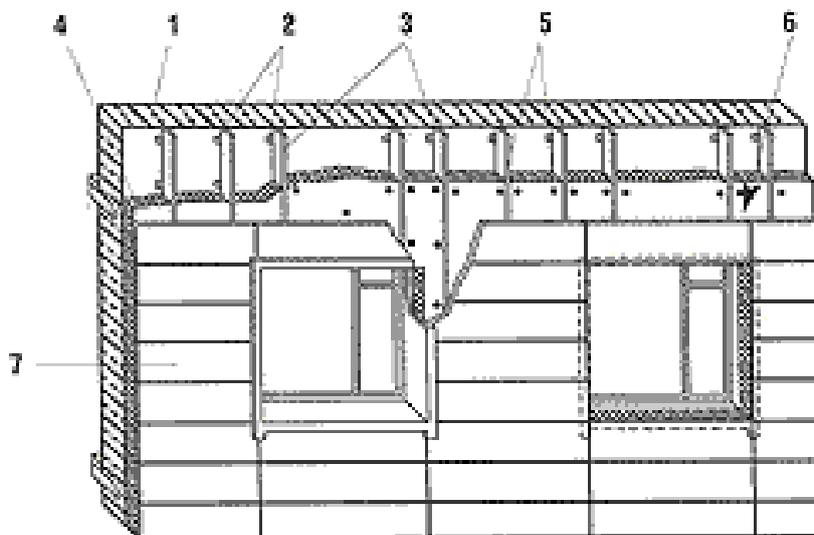


Рис. 5. Конструкция стены с вентилируемым фасадом с навесной защитной облицовкой: 1 - стена; 2 - узлы крепления направляющих; 3 - металлические направляющие; 4 - утеплитель, с ветрозащитным материалом; 5 - дюбели; 6 - воздушная прослойка; 7 - наружная облицовка.

Навесной облицовочный экран в конструкции вентилируемой стены выполняет защитно-декоративную функцию. В качестве облицовочных изделий применяются: цементно-волокнистые панели, керамический гранит, стеклянные облицовочные изделия, металлические панели и кассеты, композитные изделия. Наружная облицовка, защищающая утеплитель от атмосферных воздействий, крепится непосредственно к стене при помощи специальных кронштейнов, металлических профилей или деревянных антисептированных брусков. Системам с «вентилируемым фасадом» свойственна существенная теплотехническая неоднородность, вызванная наличием большого количества кронштейнов, пронизывающих теплоизоляционный слой и соответственно являющихся мостиками холода [10]. В тоже время, несмотря на активное применение систем с вентилируемым зазором, до сих пор методики расчета таких систем недостаточно проработаны. Особое внимание при этом необходимо обратить на определение соответствующих коэффициентов теплотехнической однородности и обоснованный выбор толщин воздушных зазоров, размеров и конструкций воздухоприточных и воздуховыводящих щелей.

Весьма перспективной для применения в малоэтажном строительстве может быть фасадная система на основе теплоизоляционных панелей заводского изготовления с вентилируемыми каналами (рис. 6).

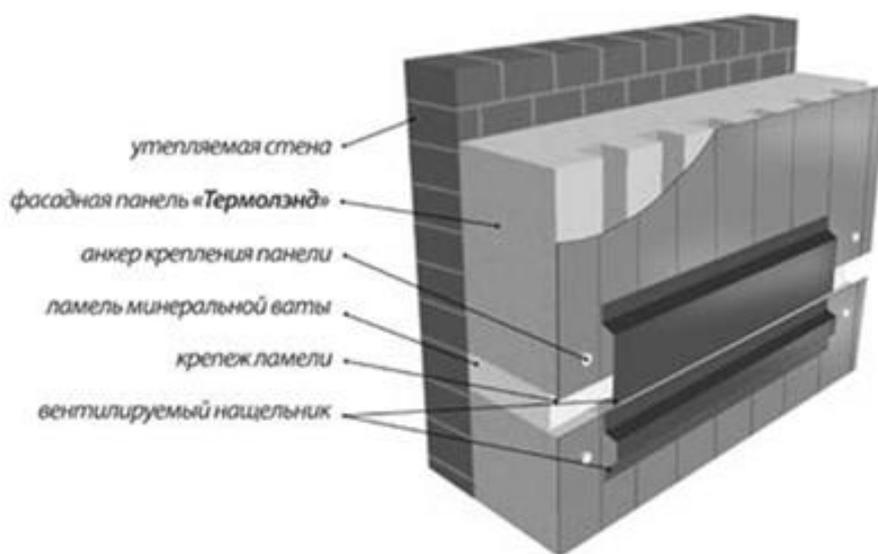


Рис. 6. Система на основе теплоизоляционных панелей с вентилируемыми каналами.

Основу данной фасадной системы составляют теплоизоляционные панели, которые изготавливаются в заводских условиях. Снаружи панели расположена облицовка, представляющая собой тонкий слой металла со специальным декоративным покрытием. Облицовка наклеивается на слой минеральной ваты, который с наружной стороны имеет продольные вентилируемые каналы, размеры которых определены из тепло-влажностных расчетов. Панели крепятся к стене здания стальными анкерами. Между панелями при монтаже оставляются горизонтальные промежутки, заполняемые минеральной ватой до дна вентиляционных каналов, таким образом, формируются горизонтальные вентилируемые щели, которые с наружной стороны прикрываются вентиляционными нащельниками.

Выполненные расчеты показали, что коэффициенты теплотехнической однородности крепления панелей с вентилируемыми каналами лежат в диапазоне 0.98 – 0.93, и они существенно выше коэффициентов теплотехнической однородности крепления обычных вентилируемых фасадов [11]. Выполненные влажностные расчеты позволили сделать вывод, что для вновь строящихся и реконструируемых кирпичных зданий могут быть использованы фасадные системы на основе панелей с вентилируемыми каналами предложенной геометрии, при этом кирпичная кладка и слой утеплителя в панелях будут находиться в относительно сухом состоянии, удовлетворяющим нормативным требованиям. Конденсации и накопления влаги в вентилируемых каналах происходить не будет при организации межэтажных воздухоприточных и воздухоотводящих щелей. Выполненные тепловизионные обследования ряда зданий в зимний период времени подтвердили высокие теплозащитные характеристики фасадной системы.

Сравнительно недавно в России применяются конструкции стен с наружным утеплителем и его защитой штукатуркой (наружная отделка «мокрого» типа). Штукатурная система утепления фасадов (рис. 7) предусматривает крепление теплоизоляционного материала к стене при помощи анкеров, дюбелей и клеевых составов, с последующим нанесением штукатурного слоя (по армирующей сетке).

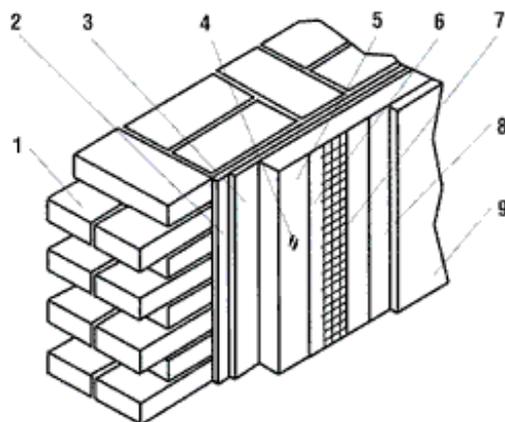


Рис. 7. Штукатурная система утепления фасадов: 1 - стена; 2 - наружная отделка; 3 - клеящий состав; 4 - дюбель; 5 - утеплитель из минеральной ваты или пенополистирола; 6 - клеевой армирующий состав; 7 - армирующая сетка; 8 - грунтовка; 9 - отделочный слой

Для штукатурного утепления фасадов могут использоваться только сертифицированные системы, а сами работы должны выполняться специалистами с использованием мокрых процессов при температуре наружного воздуха не ниже $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Жесткие плиты из минеральной ваты на основе базальтового волокна или стекловаты, применяемые для утепления наружных стен, наклеивают вплотную друг к другу без образования щелей, обеспечивая перевязку стыков (по типу кирпичной кладки). Помимо общего требования к надежному закреплению в данной системе утепления обязательным по условиям годового баланса влагонакопления является требование к паропроницаемости наружных штукатурных слоев.

Как и любое конструктивно-технологическое решение стены с наружным утеплением и «мокрой» отделкой имеют ограничения и недостатки: необходимость применения для защитного слоя высокопаропроницаемых материалов (клеи, грунтовки, краски); отделочное покрытие должно обладать атмосферной стойкостью. К преимуществам систем утепления с оштукатуриванием фасадов следует отнести отсутствие и соответственно высокий коэффициент теплотехнической однородности.

Большую популярность при строительстве малоэтажных зданий получили каркасные технологии: «канадский дом», «финский дом» и т.д. (рис. 8).

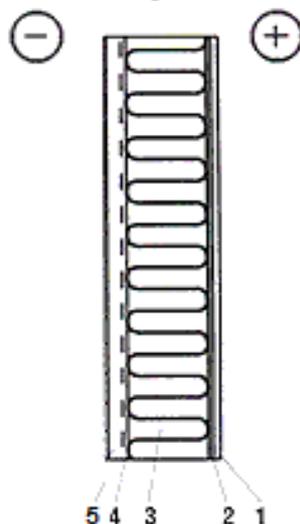


Рис. 8. Каркасная система наружной стены: 1 - внутренняя обшивка; 2 - пароизоляция; 3 - утеплитель; 4 - ветрозащитный паропроницаемый материал; 5 - наружная обшивка.

Суть каркасной технологии строительства малоэтажных зданий заключается в том, что несущую функцию в доме выполняет каркас, чаще всего из деревянных брусев. Внутри каркаса укладывается утеплитель. Наружная и внутренняя обшивки обеспечивают пространственную жесткость каркаса стен и служат основой для последующей отделки или облицовки. Кроме того, они защищают утеплитель от атмосферных воздействий. Обшивка каркаса наружных стен, внутренних стен и перегородок с обеих сторон выполняется из различных жестких плитных или листовых материалов (фанера, цементностружечная, древесноволокнистая, ориентированно-стружечная плита и т. д.). При этом наружная обшивка должна быть влагостойкой, обладать достаточной паропроницаемостью и хорошо защищать внутреннее пространство каркасной стены от продувания.

Конструкции каркасных стен с утеплителем внутри обладают сравнительно небольшим весом, что позволяет снизить затраты на фундамент. В тоже время, такие конструкции имеют малую тепловую инерционность и соответственно низкую теплоустойчивость. То есть, например, в случае отключения отопления температура воздуха в каркасных домах понизится гораздо быстрее, чем в домах с массивными стенами.

Кроме рассмотренных в докладе в практике строительства еще встречаются и другие, менее распространённые конструкции наружных стен, к ним можно отнести несъемную опалубку из пенополистирола, блоки с термовкладышами, аквапанели и т.д. Однако описание и анализ теплотехнических особенностей этих конструкций требует отдельного специального рассмотрения.

В заключение следует отметить, что проблему утепления стен зданий технически можно решать различными способами. Теплотехнический анализ показывает, что предпочтение следует отдавать однослойным однородным конструкциям или наружному утеплению. Выполненные расчетно-аналитические и проектные разработки показали, что устройство теплоизоляции с наружи здания защищает стену от переменного замерзания и оттаивания и других атмосферных воздействий; выравнивает температурные колебания основного массива стены, способствует повышению срока службы несущей части наружной стены; сдвигает точку росы во внешний теплоизоляционный слой, создает благоприятный режим работы стены по условиям ее паропроницаемости, исключая необходимость устройства специальной пароизоляции.

Конструкция стен с вентилируемой воздушной прослойкой имеет несколько лучшие эксплуатационные качества. Вентиляционный воздушный зазор способствует высыханию утеплителя и, соответственно, более высокому качеству теплоизоляции. Однако, несмотря на то, что вентилируемые фасады применяются на практике строительства уже более 15 лет, до настоящего времени нет единой научно обоснованной методологии расчета таких фасадов.

Таким образом, для успешного развития технологий малоэтажного строительства необходимо провести комплексные научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы с мониторингом уже построенных зданий, в результате которых, должны быть разработаны эффективные конструктивно-технологические системы тепловой изоляции наружных стен зданий, выполняемые на основе использования отечественных материалов, соответствующих климатическим условиям применения, обладающих низкой стоимостью и высокой конкурентоспособностью на отечественном рынке систем утепления.

Литература

1. СП 55.13330.2011 Дома жилые одноквартирные. Актуализированная редакция СНиП 31-02-2001, Госстрой России. 2011.
2. Боярский С.В. По итогам 2014 года Новосибирская область сохранит свои достигнутые лидирующие позиции в области жилищного строительства / Всё о новостройках. 2015, №1 (128).
3. СП 50.13330.2011 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003, Госстрой России. 2011.
4. Рябико Г.Д., Лях В.М., Дмитренко А.Ю. Теплоэффективные стены малоэтажных жилых зданий / Строительство и архитектура. 2004. – №5.
5. Исследования и разработки Сибирского Отделения Российской Академии Наук в области энергоэффективных технологий / под общей редакцией С.В. Алексеенко - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. - 405 с.
6. Теория и практика малоэтажного жилищного строительства в России / под ред. д.э.н., проф. А. Н. Асаула. - СПб.: «Гуманистика», 2005. - 563с.
7. Граник Ю.Г. Теплоэффективные стены зданий / Энергосбережение. 2001, №2.
8. Дёмина А.В. Малоэтажное жилое здание. Ч. I. Несущие и ограждающие конструкции: учебное пособие / Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 52 с.
9. Ватин Н.И. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций из газобетона с облицовкой из силикатного кирпича / СтройПРОФИль. 2007, №5(59).
10. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Цыкановский Е.Ю. Расчет теплозащиты фасадов с вентилируемым воздушным зазором. // Журнал АВОК. 2004, №2, №3.
11. M.I. Nizovtsev, V.T. Belyi, A.N. Sterlygov The facade system with ventilated channels for thermal insulation of newly constructed and renovated buildings // Energy and Buildings 2014, No. 75, pp. 60-69.