



Эффективность теплоизоляции

КЛЮЧ К ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЕ В ЛЕТНЕЕ ВРЕМЯ

КРАТКИЕ ИТОГИ

В силу климатических изменений вопрос о перегреве мансарды в летний период становится всё более актуальным, даже для Центральной и Северной Европы. Поскольку существует ряд общепринятых заблуждений в отношении влияния теплоизоляции на температуру внутри помещения, Федерация европейских ассоциаций производителей жёсткого пенополиуретана (PU Europe) поручила Мюнхенскому научно-исследовательскому институту теплоизоляционных материалов (FIW) исследовать этот вопрос с научной точки зрения.

Энергетическая эффективность и температурные условия в жилых домах зависят, в первую очередь, от затемнения, тепловой защиты на внешних конструктивных элементах и вентиляции. Способность теплоизоляционных слоёв к аккумулярованию тепла играет пренебрежимо малую роль [1]. Практические испытания чётко показывают, что летом сопротивление теплопередаче теплоизоляционного слоя оказывает намного большее влияние на микроклимат помещения, чем теплоёмкость теплоизоляционного материала. По сравнению с другими факторами, оказывающими влияние (окна, тень, вентиляция, эффективная внутренняя тепловая масса, стандарт тепловой защиты и т.п.), способность теплоизоляционного материала к аккумулярованию тепла имеет второстепенное значение.

Несмотря на упрощённую методику проведения эксперимента, его

результаты могут быть перенесены на реальные здания. Полиуретановые теплоизоляционные панели обеспечивают более высокую тепловую защиту, чем древесноволокнистые панели такой же толщины. Это относится и к тёплым, и к холодным месяцам года. Обшивка на основе полиуретановой пены с высокой отражающей и низкой излучающей способностью может способствовать поддержанию температуры воздуха внутри помещения на более низких уровнях и минимизации затрат энергии на охлаждение воздуха в летний период.

Не существует «летних теплоизоляционных материалов». Напротив, теплоизоляционные материалы должны выполнять свою функцию и летом, и зимой. Высокоэффективные теплоизоляционные материалы, такие как полиуретан, обеспечивают оптимальную тепловую защиту, гарантируют комфортные условия проживания и сводят потребление энергии к минимуму.

ВВЕДЕНИЕ

Теплоизоляционные материалы используются в зданиях для ограничения передачи тепла от тёплой среды к холодной, как летом, так и зимой. Единственная разница заключается в том, что поток тепла в более тёплые месяцы идёт снаружи внутрь, а в более холодные – изнутри наружу. В данном отношении особенно полезны высокоэффективные теплоизоляционные материалы с чрезвычайно низкими значениями теплопроводности. Но мнения экспертов сходятся только до этого пункта. Когда эта тема обсуждается в прессе, то часто заявляют о том, что теплоизоляционные

материалы с большей теплоёмкостью и теплоаккумулирующей способностью выгоднее в тёплые летние месяцы. Но действительно ли некоторые теплоизоляционные материалы лучше действуют летом, чем зимой?

АККУМУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛА ИЛИ ТЕПЛОВАЯ ИЗОЛЯЦИЯ?

Цель тепловой защиты зданий в летний период заключается в поддержании температуры внутри помещений на комфортном уровне. Помимо тепла, которое выделяется людьми и электрическими приборами, важно ограничить тепло, которое поступает с прямыми лучами солнца, вентиляцией и теплопередачей (стены, потолки и полы). Окна без затенения оказывают наибольшее влияние на температурные условия в летний период [2].

Чтобы понять влияние тепловой массы в зданиях, важно понимать, что температура воздуха и конструктивных элементов значительно колеблется в течение дня. Также это оказывает постоянное влияние на интенсивность и направление теплового потока [3]. Конструктивные элементы поглощают тепло днем и излучают его в ночное время суток. Аккумуляция и излучение тепла конструктивными элементами сглаживает перепады температуры внутри здания. Тяжеловесные конструкции, в целом, менее восприимчивы к колебаниям наружной температуры, чем легковесные. Это зависит не только от теплоемкости конструктивных элементов, но и от положения и эффективности тепловых масс. Строительные слои, которые находятся в непосредственном контакте с внутренним воздухом, а также проявляют высокую теплоаккумулирующую способность и являются хорошими проводниками тепла, действуют как тепловые буферы. Особенно эффективными являются сплошные, неизолированные внутренние стены, потолки и полы с каменными плитами или кафельной плиткой, которые поглощают тепло от внутреннего воздуха в середине дня и таким образом охлаждают помещение.

В ночное время и ранние утренние часы такой буфер остывает: конструктивный

элемент отдает тепло, поглощённое в течение дня.

Из-за низких величин теплопроводности и небольшой массы (по сравнению с материалами, имеющими сплошную структуру) теплоизоляционные материалы не являются хорошими аккумуляторами тепла. По сути, их задача состоит в том, чтобы изолировать, а не накапливать тепловую энергию. Никто не будет делать бак для горячей воды или холодильник из древесины, обладающей высокой теплоемкостью. В летний и зимний периоды здание с оптимальной тепловой защитой должно иметь очень хорошую наружную теплоизоляцию для минимизации нагрева за счет теплопередачи. Внутренние тепловые массы, такие как сплошные стены, потолки и полы являются преимуществом.

Мнение о том, что некоторые материалы, такие как древесноволокнистые теплоизоляционные материалы, служат в качестве теплоизоляции и тепловых аккумуляторов, одновременно является неверным. На самом деле, древесноволокнистая теплоизоляция подходит далеко не всегда: во-первых, древесноволокнистая теплоизоляция с теплопроводностью $\lambda = 0,048 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ проводит в два раза больше тепла, чем, например, высокоэффективный полиуретановый теплоизоляционный материал с теплопроводностью $\lambda = 0,024 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Во-вторых, древесноволокнистые теплоизоляционные материалы, не столь хороши для аккумуляции тепла в отличие от материалов со сплошной структурой, таких как камень или бетон.

Теплоизоляция зданий и аккумуляция тепла являются взаимодополняющими факторами и должны рассматриваться неразрывно друг от друга. В идеале, внешняя теплоизоляция (например, на кровлях и стропилах) должна быть смонтирована таким образом, чтобы конструктивные слои на внутренней стороне обладали более высокой теплоемкостью и теплопроводностью. Не рекомендуется использовать сплошные теплоизоляционные материалы со средними теплоизоляционными свойствами, которые слабо аккумулируют тепло.

КАКОЕ ВЛИЯНИЕ НА ТЕПЛОВУЮ ЗАЩИТУ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ОКАЗЫВАЮТ ОТНОШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ АМПЛИТУД И ФАЗОВЫЕ СДВИГИ?

В течение суток температура наружного воздуха колеблется между максимальным значением в дневное время и минимальным – в предрассветные часы. Изменение внешней температуры отражается на температуре внутреннего воздуха по истечении определенного промежутка времени. Такая задержка называется «фазовым сдвигом». В сплошных (массивных) зданиях с большой тепловой массой эта задержка между максимальными температурами наружного и внутреннего воздуха больше, чем в зданиях, построенных из легких материалов, поскольку тепло аккумулируется в элементах конструкции.

Иногда для отдельных элементов конструкции или слоёв указывают отношение температурных амплитуд (ОТА) и фазовый сдвиг (φ). Эти величины описывают теоретическую зависимость по времени между температурами наружной и внутренней поверхностей. Важно отметить, что эти чисто теоретические значения рассчитываются на основании граничных условий, которые отсутствуют в реальных зданиях и которые, следовательно, не могут быть подтверждены эмпирически.

В реальных зданиях фазовый сдвиг не оказывает никакого влияния на тепловую защиту. Он всего лишь указывает время, необходимое для того, чтобы температурное колебание на внешней стороне отразилось на температуре внутренней стороны. Наибольшее значение имеет фактическая температура внутренней стороны, т.е. какое количество тепла достигает внутренней поверхности – и это в значительной степени зависит от эффективности теплоизоляции.

Данную зависимость довольно легко продемонстрировать: благодаря своей низкой теплоаккумулирующей способности спальник имеет небольшой фазовый сдвиг, но, несмотря на это, сохраняет Ваше тепло в холодные ночи. С другой стороны, вода может аккумулировать большое количество тепла, однако никто не мечтает провести ночь в ванной.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗЫВАЕТ, ЧТО ВЫСОКАЯ ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НЕ ИМЕЕТ НИКАКОГО ЗНАЧЕНИЯ

Используя компьютерное моделирование тепловых потоков, можно с высокой степенью точности спрогнозировать колебания суточной температуры внутри здания в летний период. Метод моделирования позволяет сравнивать различные конструкционные решения при одних и тех же граничных условиях в конкретном здании. Данные наблюдений всегда специфичны для каждого конкретного случая: следовательно, результаты являются достоверными только для выбранной модели здания. Расчеты, выполняемые в ходе моделирования, как правило, носят более информативный характер, нежели испытания. Во время экспериментов зачастую большую роль играют непредусмотренные заранее граничные условия, чем измеряемые воздействия.

Какие именно факторы оказывают наибольшее влияние, во многом, зависит от типа исследуемого здания и соответствующих граничных условий. В летнее время деревянные каркасные здания нагреваются быстрее, чем сплошные (массивные) конструкции, при условии, что внутри них отсутствуют термически активные материалы. В данном типе здания сплошные полы или подвальные потолки оказывают большее влияние на температуру внутреннего воздуха, чем теплоаккумулирующая способность теплоизоляционного материала. Компьютерное моделирование тепловых условий, проведенное **институтом строительной физики им. Фраунгофера**, показало, что разные величины теплоаккумулирующей способности теплоизоляционных материалов на первом этаже деревянного дома имеют второстепенное значение из-за теплового воздействия бетонного пола [4].

Результаты моделирования на скатных крышах с использованием различных теплоизоляционных материалов с одинаковыми значениями сопротивления теплопередаче показали, что какие-либо различия в теплоаккумулирующей способности теплоизоляционных материалов не имеют никакого значения при условии одинаковых коэффициентов теплопередачи.

Значения температуры внутреннего воздуха отличались не более чем на 0,6 К [2]. Важно отметить, что теплоизоляционные материалы с более высокими значениями теплопроводности должны быть толще для достижения эквивалентного сопротивления теплопередаче.

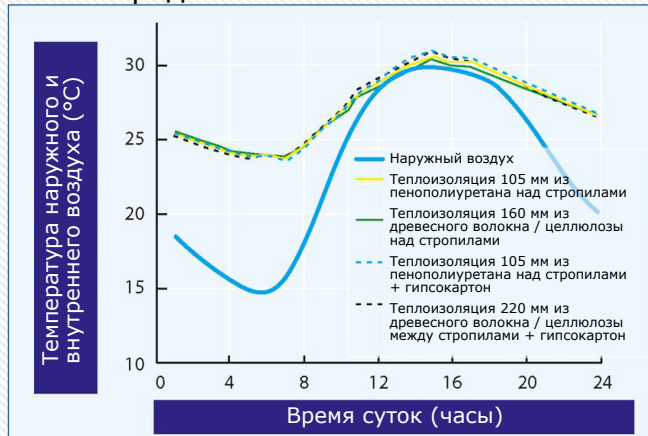


Рисунок 1

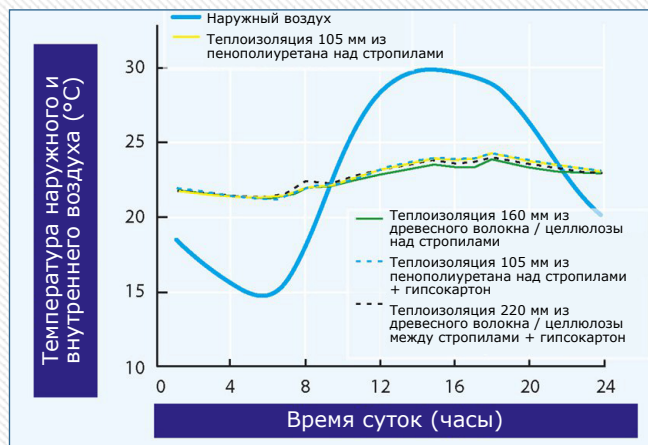


Рисунок 2

ИЗМЕНЕНИЕ ЛЕТНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В МОДЕЛИ

Иногда посетителям торговых выставок и рекламных мероприятий показывается упрощенная демонстрация, которая предназначена для поддержки теории «аккумулирование тепла побеждает теплоизоляцию», но которая содержит в себе концептуальные и конструктивные ошибки [5]. Образцы разных теплоизоляционных панелей толщиной 40 мм помещают в деревянные ящики и нагревают с помощью инфракрасных ламп.

Испытание обычно длится от 10 до 20 минут. В это время датчики регистрируют изменения температуры на нижней стороне самой верхней теплоизоляционной панели.

Тем не менее, результаты данной демонстрации нельзя применить к реальным зданиям. Список технических недостатков возглавляет тот факт, что температура воздуха в деревянных ящиках распределяется неравномерно. Теплоизоляционные материалы имеют разные обшивки, поэтому разные отражательные характеристики приводят к разным значениям температуры на верхней поверхности. Некоторые теплоизоляционные материалы светопроницаемы, в результате чего температурные датчики попадают под прямые солнечные лучи и, следовательно, нагреваются. Распространение тепла к сторонам и нижним слоям не контролируется. Короткая продолжительность испытания делает акцент на кратковременные воздействия [5] и не отражает температурную кривую за весь день.

Упрощенная демонстрация и короткая продолжительность испытания не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к научному эксперименту.

Учитывая ошибки, присутствующие в данном эксперименте, Мюнхенский научно-исследовательский институт теплоизоляционных материалов (FIW) разработал модельное испытание, которое обеспечивает одинаковые граничные условия для каждого образца. С его помощью можно сделать выводы о характеристиках теплоизоляционных материалов в зданиях.

Испытательная конструкция, разработанная Мюнхенским институтом «FIW», не содержит внутренней тепловой массы и не имеет никаких прозрачных конструктивных элементов на облучаемой стороне. Надёжно теплоизолированная испытательная камера исключает какие-либо притоки или потери тепла в окружающую среду. Использовалась стандартная толщина образца 40 мм, которая сводит к минимуму ошибки измерения в результате значительного повышения внутренней температуры.



Рисунок 3



Рисунок 4

Кроме того, такая толщина теплоизоляции обеспечивает надёжное измерение процесса охлаждения в ночное время. Испытание проводилось в течение 24 часов. За это время интенсивность излучения инфракрасной лампы регулировалась в соответствии с суточным графиком (**Рисунок 5**).

Сравнение графиков изменения внутренней температуры показывает начальную задержку повышения температуры в случае с древесноволокнистым образцом из-за его более высокой тепловой массы (**Рисунок 6**). Далее в ходе испытания этот эффект компенсируется более низкой термостойкостью данного материала, а температурные кривые приближаются друг к другу после примерно 6 часов. В дальнейшем температура древесноволокнистого образца поднимается более круто. Максимальная температура полиуретана ниже на 1 градус Кельвина.

Суточный график работы лампы

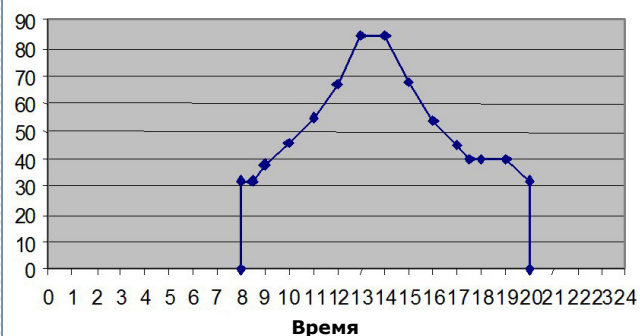
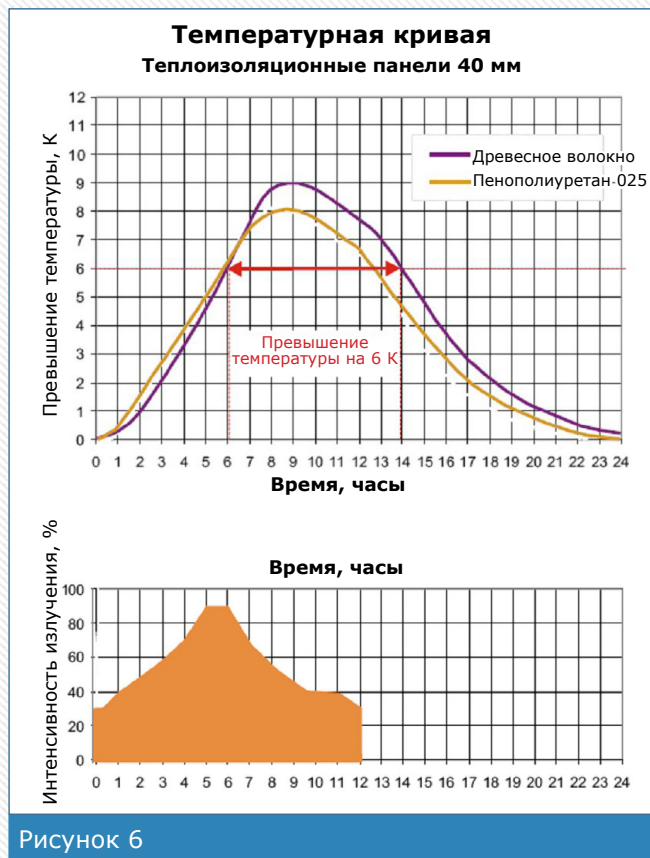


Рисунок 5: Период работы лампы в % (100 % = полностью включена; 0% = полностью выключена)

Однако наше субъективное восприятие тепла зависит не только от максимально достигаемой температуры, но и от продолжительности превышения определенного температурного порога.



Мы считаем, что для Центральной Европы значения температуры воздуха внутри зданий, превышающие 26°C, выходят за пределы зоны комфорта. По этой причине в качестве порогового значения для испытания было установлено превышение температуры на 6 градусов Кельвина. В случае с полиуретаном продолжительность превышения температурного предела на 6 градусов Кельвина была меньше на 1,2 часа.

Более высокая тепловая масса древесного волокна не только замедляет согревающий эффект, но и способствует заметному замедлению охлаждения внутреннего воздуха; другими словами, он дольше остается теплым, создавая ощущение дискомфорта.

Использованная литература

- [1] Вольфганг Фейст, Аккумулирование тепла важнее теплоизоляции?, Изд.: «Passivhausinstitut», Специализированная информация «PHI» 2000/4.
- [2] Промышленная ассоциация производителей жесткого пенополиуретана (изд.), Теплоизоляция в летнее время, 2004.
- [3] Мартин Х. Спицнер и Кристоф Спренгард, Внутренний микроклимат мансардных этажей в летний период: сравнительные испытания теплоизоляционных материалов с учетом нестационарных воздействий в модельном испытании, Отчёт о результатах исследования, 2006.
- [4] Герд Хаузер, Древесноволокнистые теплоизоляционные панели – теплоизоляционные материалы как тепловой аккумулятор в технологии теплоизоляции, 6-2006, стр. 38-44
- [5] Мартин Х. Спицнер и Кристоф Спренгард, Проведение испытаний по поверхностному и глубокому прогреванию различных теплоизоляционных и строительных материалов путём облучения инфракрасной лампой, Отчёт о результатах исследования, 2004

Информация, содержащаяся в данной публикации, является, насколько нам известно, достоверной и точной, но мы не предоставляем каких-либо гарантий на рекомендации или предположения, которые могут возникнуть, так как условия использования и состав исходных материалов выходят за рамки нашего контроля. Более того, ничто из содержащегося в настоящем документе не должно толковаться как рекомендация к использованию какого-либо продукта, которое противоречит существующим патентам на какой-либо материал или его использование.