

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО–МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И  
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА  
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 22–23.05.2013)

УДК 699.86: 691.327.33

**ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЕНОПОЛИСТИРОЛА  
В СИСТЕМАХ УТЕПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ**

*КРАСУЛИНА Л.В.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В новом строительстве все большее распространение получают многослойные конструкции стен, в которых предусмотрено применение эффективных утеплителей. Рациональным способом повышения теплозащиты эксплуатируемых зданий является дополнительное наружное утепление. Одна из наиболее часто предлагаемых систем утепления – это система, при которой утеплитель крепится клеем и дюбелями на наружной поверхности стены, а затем на утеплитель наносится защитно–отделочное покрытие, состоящее из нескольких слоев полимерных или полимерминеральных составов, армированных стеклотеткой.

При наружной теплоизоляции создаются благоприятные температурно–влажностные условия работы изолируемых ограждающих конструкций. Существующая стена надежно защищается от неблагоприятных внешних воздействий суточных и сезонных температурных колебаний, которые ведут к неравномерным деформациям элементов стен, что приводит к образованию трещин, раскрытию швов, отслоению штукатурки.

Утепленная стена надежно защищена от атмосферных осадков, поэтому опасности появления какой-либо поверхностной флоры на поверхности стены из-за избытка влаги, образования льда в толще стены и других негативных явлений нет. В холодное время года наружная теплоизоляция препятствует охлаждению массивов ограждающих конструкций до температуры точки росы и выпадению конденсата в толще в толще стены за пределами теплоизоляционного слоя.

Надлежащее утепление зданий влечет за собой несомненную экономическую выгоду, так как обеспечивает сокращение энергопотребления. Единовременные затраты на достижение оптимальных теплотехнических свойств ограждающих конструкций на протяжении срока их службы многократно окупаются. Кроме того, хорошая и правильно подобранная теплоизоляция помогает создать здоровый микроклимат в домах, продлевает жизнь строительных конструкций, улучшает звукоизоляцию зданий.

Для улучшения теплотехнических характеристик наружных стен зданий и сооружений необходимо использовать материалы с низкими значениями теплопроводности. От значения теплопроводности зависит термическое сопротивление слоя ограждающей конструкции, а значит и ее сопротивление теплопередаче. Теплопроводность зависит от вещества, из которого изготовлен слой, от плотности материала, пористости, характера пор (открытые или замкнутые, мелкие или крупные, равномерно или нет распределены по объему материала), температуры и, особенно, от влажности.

В наружных ограждающих конструкциях рассматриваются следующие виды влаги [8]:

- строительная влага, которая вносится в ограждение при его изготовлении или при возведении зданий;
- грунтовая влага, проникающая в ограждение из грунта вследствие капиллярного всасывания;
- атмосферная влага, проникающая в ограждение при косом дожде или при протечках покрытий;
- гигроскопическая влага, находящаяся в ограждении вследствие гигроскопичности составляющих его материалов;
- эксплуатационная влага, выделение которой связано с эксплуатацией зданий.

Многие из этих видов влаги можно резко ограничить при правильном проектировании и качественном строительстве конструкций. Чаще всего основным фактором, определяющим влажность материалов ограждающих конструкций является процесс сорбции [5]. Сорбционная влажность это гигроскопическая влажность при данной температуре и относительной влажности воздуха, численно равная влажности материала, находящегося в состоянии равновесия с влажностью и температурой окружающего воздуха. Сорбционная или гигроскопическая влажность определяет теплотехнические свойства материала и в целом ограждающих конструкций зданий в процессе их эксплуатации.

Сорбционную влажность, характеризующую теплотехнические свойства пористых теплоизоляционных материалов определяют по ГОСТ 24816 [3].

Значения теплотехнических характеристик строительных, в том числе теплоизоляционных материалов, изменяются в конструкциях под воздействием эксплуатационных факторов во времени и могут существенно отличаться от значений, полученных при лабораторных испытаниях и указанных в технических условиях на материал. В ТКП 45–2.04–43–2006 [7] для каждого материала приводятся значения теплопроводности в сухом состоянии, а также в условиях эксплуатации А и Б. В соответствии с [7] условия эксплуатации А воспроизводятся при относительной влажности окружающего воздуха 75 %, а условия эксплуатации Б воспроизводятся при относительной влажности окружающего воздуха 90 %. Представленные в нормативном документе значения теплопроводности конкретного материала могут значительно различаться между собой в зависимости от сорбционных свойств материала. Чем большее количество влаги может поглотить материал при увеличении относительной влажности воздуха, тем больше будут различаться между собой значения теплопроводности материала в сухом состоянии и в условиях эксплуатации А и Б, а значит будет изменяться и термическое сопротивление слоя ограждающей конструкции из этого материала.

Наряду с сорбционной влажностью и теплопроводностью к теплотехническим свойствам теплоизоляционных материалов относится паропроницаемость. Для предотвращения конденсации водяного пара внутри наружных ограждающих конструкций необходимо рас-

считывать эти конструкции на сопротивление паропрооницанию. Значение сопротивления паропрооницанию зависит от паропрооницаемости и толщины каждого слоя конструкции.

Во избежание накопления влаги в многослойной ограждающей конструкции и связанного с ним снижения сопротивления теплопередаче ограждения, паропрооницаемость его слоев должна расти в направлении от теплой стороны ограждения к холодной.

Физико–технические свойства теплоизоляционных материалов оказывают большое влияние на теплотехническую эффективность и эксплуатационную надежность ограждающих конструкций, трудоемкость монтажа, возможность ремонта в процессе эксплуатации и в значительной степени сравнительную технико–экономическую эффективность различных вариантов утепления зданий.

На долговечность и стабильность теплофизических и физико–механических свойств теплоизоляционных материалов в конструкциях утепления зданий влияют многие эксплуатационные факторы [1]:

- знакопеременный температурно–влажностный режим эксплуатации;
- возможность капиллярного и диффузионного увлажнения теплоизоляционных материала;
- воздействие ветровых нагрузок;
- механические нагрузки от собственного веса в конструкциях стен и нагрузки при перемещении людей в конструкциях крыш и перекрытий.

С учетом указанных факторов материалы для утепления зданий должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечить необходимое сопротивление теплопередаче при минимальной толщине конструкции, что достигается применением материалов с теплопроводностью не более  $0,06 \text{ Вт}/(\text{м К})$ ;
- паропрооницаемость материала должна иметь значения, исключающие возможность накопления влаги при эксплуатации;
- средняя плотность теплоизоляционных материалов ограничивается допустимыми нагрузками на несущие конструкции;
- предел прочности при 10 % деформации в конструкциях утепления крыш и перекрытий должны быть не менее 20 кПа;

- обладать морозостойкостью, гидрофобностью, водостойкостью, биостойкостью и отсутствием токсичных выделений при эксплуатации

В настоящее время для теплоизоляции зданий и сооружений чаще всего применяются такие эффективные теплоизоляционные материалы как пенополистирол и минеральная вата имеющие значения теплопроводности от 0,030 Вт/(м К) до 0,045 Вт/(м К).

Сравнение этих материалов с точки зрения энергопотребления при их производстве оказывается в пользу пенополистирола. Расход энергии при производстве пенополистирола приблизительно в пять раз ниже энергопотребления при производстве минеральной ваты. При выпуске пенополистирола количество вредных выбросов в атмосферу меньше, чем при производстве минеральной ваты. При производстве пенополистирола требуется очень точно выдерживать геометрические размеры изделий. В составе пенополистирола требуется обязательное наличие антипирена так как пенополистирол горюч. Время самостоятельного горения таких плит не должно превышать 4 секунд [6]. Пенополистирол отличается низкими значениями паропроницаемости (приблизительно в 10 раз меньшими, чем у минеральной ваты), что приводит к увеличению нагрузки на внутреннюю вентиляцию. При отсутствии принудительной вентиляции это может привести к увеличению влажности стен в помещении, ухудшению микроклимата. Это говорит о том, что при применении в качестве утеплителя пенополистирола требуется обязательное регулирование влажности воздуха внутри помещения с помощью систем механической приточно–вытяжной вентиляции.

Для того чтобы правильно рассчитать утепление ограждающих конструкций, необходимо проводить комплексные исследования физико–механических свойств используемого утеплителя, особенно если этим утеплителем является пенополистирол.

В работе исследованы теплотехнические свойства пенополистирола. Для изучения сорбционных свойств предварительно высушенные и взвешенные образцы увлажняли в течение пяти месяцев в соответствии с требованиями [3]. Полученные результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Сорбционная влажность пенополистирола различной плотности**

Относительная влажность воздуха, %	40	60	75	80	90	97
Сорбционная влажность пенополистирола различной плотности, %						
–плотность 16 кг/м <sup>3</sup>	0,45	0,50	0,73	0,78	0,91	1,14
–плотность 26 кг/м <sup>3</sup>	0,34	0,45	0,66	0,74	0,80	0,94
–плотность 36 кг/м <sup>3</sup>	0,30	0,35	0,55	0,64	0,68	0,79

Сорбционную влажность экструдированного пенополистирола плотностью 35 кг/м<sup>3</sup> и 40 кг/м<sup>3</sup> определяли по ГОСТ 17177 [2]. Значения максимальной сорбционной влажности для этих материалов изменялись от 0,036 % до 0,052 %. Результаты проведенных исследований показали, что пенополистирол обладает низкими значениями сорбционной влажности даже при высоких значениях относительной влажности воздуха, что объясняется закрытой ячеистой структурой материала. Благодаря такой структуре, пенополистирол характеризуется стабильными теплоизоляционными свойствами при значительных изменениях влажности окружающей среды, что подтвердили результаты исследований, представленные в таблице 2.

Теплопроводность экструдированного пенополистирола плотностью 35 кг/м<sup>3</sup> и 40 кг/м<sup>3</sup> составила в сухом состоянии 0,0358 Вт/(м К) и 0,0354 Вт/(м К) соответственно, после выдержки образцов в условиях эксплуатации А и в условиях эксплуатации Б значения теплопроводности изменились незначительно и колебались в пределах (0,0358–0,0362) Вт/(м К) и (0,0354–0,0359) Вт/(м К) соответственно

**Таблица 2. Теплопроводность пенополистирола различной плотности и влажности**

Средняя плотность пенополистирола, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/(м К)	Теплопроводность пенополистирола, выдержанного при относительной влажности воздуха 75 %, Вт/(м К) (условия эксплуатации А)	Теплопроводность пенополистирола, выдержанного при относительной влажности воздуха 90 %, Вт/(м К) (условия эксплуатации Б)
16	0,0398	0,0419 (влажность материала 0,71–0,75 %)	0,0431 (влажность материала 0,90–0,93 %)
26	0,0378	0,0396 (влажность материала 0,65–0,67 %)	0,0402 (влажность материала 0,81–0,83 %)
36	0,0374	0,0391 (влажность материала 0,52–0,56 %)	0,0397 (влажность материала 0,76–0,80 %)

Полученные результаты показывают, что пенополистирол значительно изменяет значение сорбционной влажности и сохраняет практическую стабильность значений теплопроводности при значительных увеличениях влажности окружающей среды.

Изучение паропроницаемости образцов пенополистирола по ГОСТ 25898 [4] показали, что численные значения этого показателя являются низкими и колеблются в пределах от 0,041 мг/(м ч Па) до 0,015 мг/(м ч Па).

Пенополистирол является эффективным теплоизоляционным материалом со стабильными теплотехническими свойствами. Плохая паропроницаемость этого материала требует регулирования влажности воздуха внутри помещения с помощью систем механической приточно–вытяжной вентиляции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Галашов Ю.Ф. Теплоизоляционные изделия в ограждающих конструкциях зданий. / Ю.Ф.Галашов // Строительные материалы. – 2000. – № 12. – с.5–7.
2. ГОСТ 17177–94 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний. Р. 9./ – М. – ГП «Минсктиппро-ект», 1994. – 56с.
3. ГОСТ 24816–81 Материалы строительные. Определение сорбционной влажности /– М–; Издательство стандартов, 1981. – 6с.
4. ГОСТ 25898–83 Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления паропрооницанию /– М –; Издательство стандартов, 1983 – 18 с.
5. Комаров В.С. Адсорбенты и их свойства / В.С. Комаров – Минск; наука и техника, 1977. – 248 с.
6. СТБ 1437–2004 Плиты пенополистирольные теплоизоляционные. / МАиС РБ. – Минск, 2004. – 15с.
7. ТКП 45–2.04–43–2006 Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. Минск –2006– 113 с.
8. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. –М: Наука, 1973. – 259 с.