

Теплотехнические характеристики рыхлых теплоизоляционных материалов в зависимости от влажности на примере МТЦ «Файбертекс»

И.И. Пестряков¹, А.В. Корсун², О.С. Гришина³, Е.С. Залата⁴, А.С. Фидрикова⁵

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29.

Информация о статье

История

Ключевые слова

Подана в редакцию 13.06.2015

теплоизоляционные материалы;
эковата;
влажность;
теплопроводность;
приведенное сопротивление
теплопередаче;

АННОТАЦИЯ

Увеличение влажности теплоизоляционного материала, как известно [1], повышает величину теплопроводности и снижает общее сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций. В статье представлены значения теплопроводности теплоизоляционного материала на примере материала теплоизоляционного целлюлозного (далее МТЦ) «Файбертекс», полученные экспериментальным путем: 0,022; 0,031; 0,092 Вт/м·К - для плотности материала 30 кг/м³ и соответствующей влажности $W=0\%$, $W=12\%$, $W=23\%$. Выявлены зависимости теплопроводности от плотности материала. Также выполнен расчет приведенного сопротивления теплопередаче для трех ограждающих конструкций, в составе которых МТЦ «Файбертекс» присутствует с различной влажностью: $W=6\%$, $W=10\%$ и $W=23\%$. По результатам расчета проанализирована зависимость термического сопротивления теплопередаче данных ограждающих конструкций от влажности МТЦ «Файбертекс»: при увеличении влажности материала снижается его способность к термическому сопротивлению, что приводит к уменьшению общего сопротивления теплопередаче ограждения.

Содержание

1. Введение	61
2. Обзор Литературы	61
3. Цели и задачи	61
4. Определение коэффициента теплопроводности	62
5. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции	63
6. Выводы	65

³ Контактный автор:

+7 (911) 837 2393, olgasergeevna2009@yandex.ru (Гришина Ольга Сергеевна, студент)

¹ +7 (812) 535 6334, iscvisota@mail.ru (Пестряков Игорь Иванович,)

² +7 (921) 366 5120, korsun_av@mail.ru (Корсун Артем Владимирович,)

⁴ +7 (921) 407 8184, zolotka95@mail.ru (Залата Екатерина Сергеевна, студент)

⁵ +7 (911) 146 9770, nastyafidry@gmail.com (Фидрикова Анастасия Сергеевна, студент)

1. Введение

Одним из основных критериев, определяющих качество жилья, является обеспечение хорошей теплоизоляции помещений, которое достигается за счет использования утепляющих материалов в составе многослойных ограждающих конструкций. Корректное определение расчетных характеристик теплоизоляционных материалов и температурно-влажностного режима ограждающих конструкций зданий играет важную роль.

Элементы строительных конструкций в процессе эксплуатации подвергаются деструктивному воздействию влаги, что впоследствии снижает их теплозащитные свойства. Данная проблема особенно актуальна в связи с возросшими требованиями к энергоэффективности конструкций [2, 3, 4-6]. Для ограничения количества влаги в строительных конструкциях также необходимо соблюдать гигиенические требования, предъявляемые к микроклимату помещений. Избыточная влажность ограждающих конструкций может привести к образованию плесени, оказывающей негативное влияние на здоровье человека. Поэтому содержание влаги в элементах строительных конструкций должно быть сведено к минимуму. При вычислении расчетных теплопроводностей в отечественной практике учитывается расчетная влажность материалов в условиях А и Б [7, 8].

В настоящей работе был использован предоставляемый компанией МТЦ «Файбертекс». Это тонковолокнистый рыхлый материал (так называемая эковата) синего цвета из текстильных материалов до получения единичных волокон с добавлением смеси антисептика и антипирена. Благодаря своей волокнистой структуре и определенной плотности, рассматриваемый материал обладает хорошими теплозвукоизоляционными свойствами. Кроме того, его производят из вторичного текстильного сырья, что приводит к экономному использованию природных ресурсов. Данный утеплитель является достаточно новым на российском рынке. Поэтому необходимо знать, какими будут показатели теплопроводности при различной влажности для начала его использования в ограждающих конструкциях.

2. Обзор Литературы

Существует большое количество разнообразных материалов, обеспечивающих высокую теплоизоляцию ограждающих конструкций зданий. Так, например, в работе Иванова М. Ю. [9] приведено описание различных видов энергоэффективных утеплителей, их достоинства и недостатки, однако теплотехнические характеристики этих материалов не рассматриваются.

В работе [10] описана методика по определению коэффициентов теплопроводности, теплоусвоения, тепловой инерции, температуропроводности и объемной теплоемкости строительных и теплоизоляционных материалов методом неразрушающего контроля. Однако влияние влажности испытываемого материала на коэффициент теплопроводности не учитывается.

В некоторых публикациях эковату представляют как эффективный теплоизоляционный материал на основании только такого показателя, как коэффициент теплопроводности сухого материала. Данные о коэффициенте теплопроводности в эксплуатационных условиях А и Б часто отсутствуют [11, 12, 13].

Полезными для практического применения являются результаты исследования теплофизических свойств эковаты, производимой в Литве и Эстонии [14]. Однако плотность и температура материала в расчетах не учитывались. Этот факт не позволяет в полной мере использовать данные, полученные в исследовании.

3. Цели и задачи

Целью настоящей работы является исследование влияния влажности на теплотехнические характеристики рыхлых теплоизоляционных материалов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- экспериментальным методом определить теплопроводность λ образцов МТЦ, используемого в конструкции многослойной ограждающей стены, с различными значениями влажности и плотности укладки.
- рассчитать три варианта приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции с разными значениями влажности и плотности укладки теплоизоляционного материала и сравнить с требуемым значением.
- выполнить анализ полученных результатов.

4. Определение коэффициента теплопроводности

Одним из важнейших показателей строительных материалов и конструкций при проектировании теплозащиты зданий и сооружений является расчетный коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К) [8], который определяет количество тепла, проходящее в единицу времени через единицу изотермической поверхности при температурном градиенте, равном единице.

Согласно российским нормам, расчетная теплопроводность теплоизоляционных материалов представляет собой следующую зависимость:

$$\lambda = f(T, \gamma, W), \quad (1)$$

где T – температура окружающей среды, °С;

γ – объемная плотность материала, кг/м³;

W – влажность материала, %.

Коэффициент теплопроводности определяется экспериментально при температуре 25 °С для двух состояний: сухое (λ_0) и эксплуатационное (λ_A и λ_B). На условия эксплуатации влияют климат региона, в котором производится строительство, а также влажностный режим помещения [7, 8].

В европейской практике λ также определяется в ходе испытаний материала, но с учетом более низкого содержания влаги (u_{dry}), низкой температуры (10 °С и 23 °С) и фактора старения [15]. Низкая влажность обусловлена тем, что материал, входящий в состав ограждающей конструкции, будет находиться в условиях, приближенных к идеальным ($u_{dry} \approx 0\%$). Но на практике такие условия соблюсти достаточно трудно, поэтому необходимо производить расчет ввиду изменения климатических условий и, соответственно, влажности.

В статье осуществляется исследование теплопроводности при разных показателях влажности W : для сухого материала ($W=0\%$), при условиях эксплуатации А ($W=6\%$) и Б ($W=10\%$), а также при повышенной влажности ($W=23\%$).

Испытания проводятся для $W=12\%$ и $W=23\%$, поскольку влажность МТЦ в состоянии поставки составляет $W=12\%$ и оптимальная влажность не должна превышать $W=23\%$. Затем с учетом приращения теплопроводности $\Delta\lambda$, Вт/м·К, при изменении влажности ΔW на 1% определяются значения λ при условиях эксплуатации А и Б.

Выполнены 3 серии опытов. Для испытаний использованы по 3 образца, сформированные под нагрузкой 0.06; 0.10; 0.16 кПа до размера 250x250x(38 ... 48) мм при объемной плотности (124.2 ... 79.3) кг/м³. Значения λ получены в ходе многократных измерений на установке в испытательной лаборатории ИСЦ «Высота» ОНТИ СПбПУ, согласно методу стационарного теплового потока [16], результаты сведены в Таблице 1. Испытания проводились при температуре и относительной влажности воздуха помещения (295±5)К и (50±10)%.

Таблица 1. Теплопроводность при изменении плотности укладки для сухих и влажных образцов

Теплопроводность λ_0 при изменении плотности укладки для сухих образцов ($W= 0\%$)		
Нагрузка, кПа		
0.06	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 79.3 кг/м ³ , Вт/м·К	0.047
0.10	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 81.0 кг/м ³ , Вт/м·К	0.048
0.16	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 88.6 кг/м ³ , Вт/м·К	0.054
	Расчетная теплопроводность для плотности укладки 30 кг/м ³ , Вт/м·К	0.022
	Приращение теплопроводности $\Delta\lambda$, Вт/м·К, при изменении влажности ΔW на 1%	-
Теплопроводность $\lambda_{12\%}$ при изменении плотности укладки для сухих образцов ($W= 12\%$)		
Нагрузка, кПа		
0.06	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 90.6 кг/м ³ , Вт/м·К	0.081
0.10	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 94.6 кг/м ³ , Вт/м·К	0.121

0.16	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 106.4 кг/м ³ , Вт/м·К	0.140
	Расчетная теплопроводность для плотности укладки 30 кг/м ³ , Вт/м·К	0.031
	Приращение теплопроводности $\Delta\lambda$, Вт/м·К, при изменении влажности от 0 до 12% ΔW на 1%	0.0008
Теплопроводность $\lambda_{23\%}$ при изменении плотности укладки для сухих образцов (W= 23 %)		
Нагрузка, кПа		
0.06	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 104.9 кг/м ³ , Вт/м·К	0.159
0.10	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 118.0 кг/м ³ , Вт/м·К	0.170
0.16	Измеренная теплопроводность для плотности укладки 124.2 кг/м ³ , Вт/м·К	0.184
	Расчетная теплопроводность для плотности укладки 30 кг/м ³ , Вт/м·К	0.092
	Приращение теплопроводности $\Delta\lambda$, Вт/м·К, при изменении влажности от 12% до 23% ΔW на 1%	0.0027

Анализ величины теплопроводности для эковаты показывает, что при достаточно высокой влажности при заданной температуре помещения происходит увеличение объемной плотности материала и снижение теплопроводности (Рисунок 1), благодаря чему ухудшаются теплоизоляционные свойства материала.

Тогда, с учетом приращения теплопроводности $\Delta\lambda$, Вт/м·К при изменении влажности ΔW на 1%, вычисляются $\lambda_A = \lambda_{6\%}$ и $\lambda_B = \lambda_{10\%}$:

$$\lambda_{6\%} = 0,029 \text{ Вт/м}\cdot\text{К.}$$

$$\lambda_{10\%} = 0,030 \text{ Вт/м}\cdot\text{К.}$$

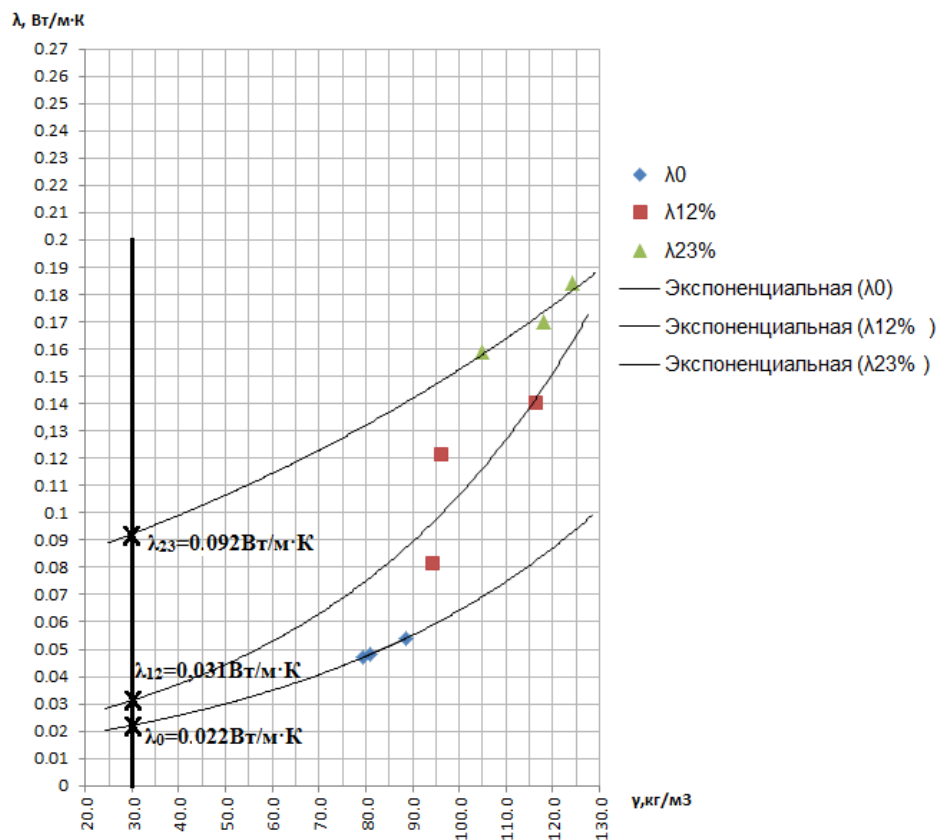


Рисунок 1. График зависимости «теплопроводность – плотность укладки» МТЦ «ФАЙБЕРТЕКС» для различных значений влажности и плотности укладки

5. Расчет сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

Задача. Определить приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции на примере г. Калуга. Принимается одна из наиболее распространенных ограждающих конструкций стены (состав пирога стены приведен ниже).

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R , м²·°С/Вт, показывает, какой температурный перепад в °С обеспечивают теплоизоляционные свойства конструкции на ее поверхностях при мощности теплового потока 1 Ватт, проходящего через 1 м² поверхности конструкции [8, 17].

Расчет производится по методике, приведенной в пособии [18].

Для того, чтобы обеспечить санитарно-гигиенические и комфортные условия в помещении, необходимо выполнение условия (2):

$$R_0 > R_{req}, \quad (2)$$

где R_0 - приведенное сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, определяется по формуле (3).

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}}, \quad (3)$$

где α_{int} - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций (для стен, полов, гладких потолков принимается, согласно СНиПу [8]: $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$);

δ_i - толщина i -того слоя, м;

λ_i - теплопроводность i -того слоя материала, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

α_{ext} - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года (для наружных стен, покрытий и перекрытий принимается, согласно СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» [8]: $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}$).

R_{req} - требуемое значение сопротивления теплопередаче стен, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, определяется согласно СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» [8] в зависимости от градусо-суток отопительного периода района строительства D_d , $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$, по формуле (4):

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}, \quad (4)$$

где t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая для расчета ограждающих конструкций группы зданий по минимальным значениям оптимальной температуры [19], $^{\circ}\text{C}$; $t_{int} = 20^{\circ}\text{C}$ (для жилой комнаты).

t_{ht} - средняя температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$, принимаемая по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [20] для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C :

$$t_{ht} = -2,9^{\circ}\text{C}.$$

z_{ht} - продолжительность отопительного периода, [сут], принимается по СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [20];

$$z_{ht} = 210 \text{ сут. (при средней температуре } -2,9^{\circ}\text{C}).$$

Тогда D_d по формуле (4):

$$D_d = (20 - (-2,9)) \cdot 210 = 4809^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}.$$

Значения R_{req} для величин D_d , отличающихся от табличных, следует определять по формуле (5):

$$R_{req} = a \cdot D_d + b \quad (5)$$

где D_d - градусо-сутки отопительного периода, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$;

a , b - коэффициенты, значения которых следует принимать по СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» [8]. Для стен при интервале до $6000^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$: $a = 0,00035$, $b = 1,4$.

Тогда $R_{req} = 0,00035 \cdot 4809 + 1,4 = 3,08 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

Конструкция ограждающей стены:

1. кладка из кирпича:

$$\delta = 120 \text{ мм} = 0,12 \text{ м}, \lambda = 0,47 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}.$$

2. теплоизоляционный материал (для эксплуатационной влажности $W=6\%$):

$$\delta = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}, \lambda = 0,096 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}.$$

3. газобетонные блоки:

$$\delta = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}, \lambda = 0,096 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}.$$

4. известковая песчаная штукатурка:

$$\delta = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}, \lambda = 0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}.$$

Определяется приведенное сопротивление теплопередаче R_0 по формуле (3) и сравниваются с требуемым значением R_{req} : необходимо выполнение условия (2), результаты вычислений сведены в Таблице 2:

Таблица 2. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче

W, %	Наименование слоя	δ , м	λ , Вт/(м·К)	α_{int}	α_{ext}	R, м ² ·К/Вт	$\sum R$, м ² ·К/Вт	R_{req} , м ² ·К/Вт			
6%	кирпич	0,12	0,47	8,7	23	0,26	4,57	3,08			
	утеплитель	0,06	0,029			2,07					
	газобетон	0,2	0,096			2,08					
	штукатурка	0,005	0,87			0,01					
10%	кирпич	0,12	0,47			0,26	2,00		4,50		
	утеплитель	0,06	0,03							2,08	
	газобетон	0,2	0,096								0,01
	штукатурка	0,005	0,87								
23%	кирпич	0,12	0,47			0,26	0,65		3,15		
	утеплитель	0,06	0,092							2,08	
	газобетон	0,2	0,096								0,01
	штукатурка	0,005	0,87								

Анализ зависимости приведенного сопротивления теплопередаче многослойной ограждающей конструкции от влажности показывает, что при увеличении влажности теплоизоляционного материала происходит снижение приведенного сопротивления теплопередаче, что отрицательным образом сказывается на теплоизолирующих свойствах материала. Это связано с прохождением большего теплового потока через ограждающую конструкцию.

6. Выводы

МТЦ «Файбертекс» является достаточно новым для потребительского рынка. Поэтому необходимо знать, какими будут показатели теплопроводности при различной влажности для начала его использования в ограждающих конструкциях.

В современной научно-технической литературе (последние 3 года) [6,12-17] особенно проявляется интерес к изучению утеплителей с относительно низкой теплопроводностью. Однако применительно к МТЦ «Файбертекс» данный показатель не был рассчитан на зависимость от влажности. Примеры его применения на практике также отсутствуют.

Экспериментальным и расчетным способами получены три значения λ в зависимости от влажности для плотности 30 кг/м^3 : $\lambda_{6\%} = 0.022 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $\lambda_{10\%} = 0.031 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$, $\lambda_{23\%} = 0.092 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$.

При расчете приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, в составе которых присутствует МТЦ «Файбертекс» выявлено, что при увеличении влажности материала снижается его способность к термическому сопротивлению, что приводит к уменьшению общего сопротивления теплопередаче ограждения.

Литература

- [1]. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: Стройиздат, 1973. 287 с.
- [2]. Ватин Н. И., Немова Д. В., Рымкевич П. П., Горшков А. С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8 (34). С. 4-14
- [3]. Горшков Л. С., Немова Д. В., Рымкевич П. П. Сравнительный анализ потерь тепловой энергии через наружные ограждающие конструкции в зависимости от минимальных требований к уровню теплоизоляции наружных ограждающих конструкций // Кровельные и изоляционные материалы. 2013. № 1. С. 24-30.
- [4]. Самарин О. Д. Теплофизика. Энергосбережение. Энергоэффективность. М.: Изд-во МГСУ, 2009. 292 с.
- [5]. Самарин О. Д. Об оптимальном распределении теплоизоляции в ограждающих конструкциях здания // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 6. С. 59-63.
- [6]. Беляев В. С., Граник Ю. Г., Матросов Ю. А. Энергоэффективность и теплозащита зданий. М.: Изд-во АСВ, 2012. 399 с.
- [7]. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. 2004.
- [8]. СНиП 23-02–2003. Тепловая защита зданий. 2003.
- [9]. Иванов М. Ю. Энергоэффективные утеплители в строительстве // Труды Братского Государственного Университета. Серия: естественные и инженерные науки. 2012. № 3. С. 161-166.
- [10]. Ковылин А. В., Фокин В. М. Методика определения коэффициентов теплопроводности, теплоусвоения, тепловой инерции, температуропроводности и объемной теплоемкости строительных и теплоизоляционных материалов методом неразрушающего контроля // Вестник Волгоградского Государственного Архитектурно-строительного Университета. Серия: строительство и архитектура. 2010. № 19. С. 112-117.
- [11]. Дмитриев А. Н. Энергосберегающие ограждающие конструкции гражданских зданий с эффективными утеплителями. 1999. 353 с.
- [12]. Новосельцев Ю. П., Кочурова А. Н., Русских Д. Н. Экологичные современные утеплители для строительства энергоэффективных зданий // Всероссийская ежегодная научно-практическая конференция "Общество, наука, инновации". 2013. С. 1592-1595.
- [13]. Масьянова А. М. Альтернативные утеплители в строительстве // Сборник статей Международной научно-практической конференции Актуальные проблемы научной мысли. Изд-во: АЭТЕРНА. 2014. С. 166-168.
- [14]. Гнип И. Я., Кершулис В. И., Веялис С. А. Теплотехнические свойства эковаты // Строительные материалы. 2000. № 11. С. 25-27.
- [15]. ISO TC 163/SC 2 Building materials and products — Hygrothermal properties — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values.
- [16]. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме.
- [17]. Шойхет Б. М. Нормирование расчетных характеристик теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях зданий // Энергосбережение. 2010. № 8. С. 38-45.
- [18]. Малявина Е.Г. Теплотери здания. Справочное пособие. М.: АВОК-ПРЕСС. 2011. 144с.
- [19]. СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные.
- [20]. СП 131.13330.2012. Строительная климатология.
- [21]. Е.С.Силаенков Е. С., Сальникова М. Е. Методика определения долговечности системы утепления наружных стен с эффективным утеплителем //Строительные материалы, 2001, N1.-С. 15-17.
- [22]. Гнип И. Я., Кершулис В. И., Веялис С. А. Обследование влажности эковаты в облегченных кирпичных стенах зданий с нормальным тепловлажностным режимом //Строительные материалы, 2001, N7.- С.19-21.
- [23]. Иванов Г.В. Новый экологически чистый теплоизоляционный материал – Эковата // Строит. Материалы. 1995. №1 С.21.

- [24]. Лыков А.В. Методы определения теплопроводности и температуропроводности. М.: Энергия. 1973. 336 с.
- [25]. Ehhort H., Reiss J., Hellwig R. Энергоэффективные здания. Анализ современного состояния и перспектив развития на основе реализованных проектов // АВОК. 2006. № 2. С. 36-49.
- [26]. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: Стройиздат, 1973. 287 с.
- [27]. Reagan Barbara M., Villasi Ludwig Thermal properties of wall // Textile Research Journal. 1982. № 11. С. 703-709.
- [28]. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation // Building and environment. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.
- [29]. Zhang Y. Effect of covering materials on greenhouse energy consumption and microclimate. 1997
- [30]. Dubey S., Solanki S. C., Tiwari A. Energy analysis of PV/T collectors connected in series // Energy and buildings. 2009. № 8. С. 863-870.
- [31]. Boutin-Forzano S., Charpin-Kadouch C., Chabbi S., Bennedjai N., Dumon H., Charpin D. Wall relative humidity: a simple and reliable index for predicting stachybotrys chartarum infestation in dwellings // Indoor Air. 2004. Vol. 3. Pp. 196-199.
- [32]. Bacharoudis E., Margaris D., Vrachopoulos M. K., Filios A. E., Mavrommatis S. A. Study of the natural convection phenomena inside a wall solar chimney with one wall under a heat flux // Applied Thermal Engineering. 2007. Vol. 13. Pp. 2266-2276.
- [33]. Radiation-conduction heat transfer in fibrous heat-resistant insulation under thermal effect // High Temperature. 2008. Vol. 1. Pp. 108-114.
- [34]. Avvakumov V. A., Kafidov G. A., Zlydennaya E. A. Improving the energy Efficiency of individual houses in Russia with the use of efficient Thermal Insulation // Apriori. 2014. Vol. 6. Pp. 1.
- [35]. Wang W., Zhao L., Liu Y., Li Z. Mix design for recycled aggregate thermal insulation concrete with mineral admixtures // Magazine of concrete research. 2014. Vol. 10. Pp.492-504.
- [36]. Мошкова Е. А., Туева Т. В. Зависимость коэффициента теплопроводности эковаты от влажности // Сборник статей Международной научно-практической конференции. Изд-во Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна". 2015. С. 31-33.
- [37]. Шойхет Б. М., Ставрицкая Л. В. О расчетных характеристиках теплоизоляционных материалов // Энергосбережение. 2003. № 1. С. 58-69.

Thermal characteristics of friable insulation materials depending on the humidity in the example of "Fiberteks"

I.I. Pestryakov¹, A.V. Korsun², O.S. Grishina³, E.S. Zalata⁴, A.S. Fidrikova⁵

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia..

ARTICLE INFO

scientific article

doi:

Article history

Received 13.06.2015

Keywords

Thermal insulating materials;
ecowool;
humidity;
thermal conductivity;
thermal resistance to heat transfer;

ABSTRACT

The humidity increase of the thermal insulation material, as well known, raises value of the thermal conductivity and reduces the overall thermal resistance of buildings. The article presents the thermal conductivity of insulation material on an example of the thermal insulation material 'Fiberteks'. This information was obtained experimentally: 0,022; 0,031; 0.092 W/mK (density of the material is 30kg/m³ and humidity is 0%; 12%; 23%. The dependence of thermal conductivity and the material density were identified. Also the reduced resistance to heat transfer for the three wall structures was calculated. "Fiberteks" was presented with different humidity: W = 6%, W = 10%, and W = 23%. As a result of the calculation we analyzed the dependence of thermal resistance to heat transfer and humidity of "Fiberteks": by increasing the humidity content material's ability to thermal resistance decreases. Because of this the overall thermal resistance of the enclosure also decreases.

³ Контактный автор:

+7 (911) 837 2393, olgasergeevna2009@yandex.ru (Olga Sergeevna Grishina, student)

¹ +7 (812) 535 6334, iscvisola@mail.ru (Igor Ivanovich Pestryakov,)

² +7 (921) 366 5120, korsun_av@mail.ru (Artem Vladimirovich Korsun,)

⁴ +7 (921) 407 8184, zolotka95@mail.ru (Ekaterina Sergeevna Zalata, student)

⁵ +7 (911) 146 9770, nastyafidry@gmail.com (Anastasia Sergeevna Fidrikova, student)

References

- [1]. Fokin K. F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniy* [Construction heat engineering of enclosure structure]. M.: Stroyizdat, 1973. 287 s.
- [2]. Vatin N. I., Nemova D. V., Rymkevich P. P., Gorshkov A. S. *Vliyaniye urovnya teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruksiy na velichinu poter teplovoy energii v zdanii* [Influence of level of thermal protection enclosing structures on the value of the loss of thermal energy in the building] // *Inzhenerno-stroitelnyy zhurnal*. 2012. № 8 (34). S. 4-14
- [3]. Gorshkov L. S., Nemova D. V., Rymkevich P. P. *Sravnitel'nyy analiz poter teplovoy energii cherez naruzhnyye ograzhdayushchikh konstruksiy v zavisimosti ot minimalnykh trebovaniy k urovnyu teploizolyatsii naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksiy* [Comparative analysis of heat losses through the enclosing structures, depending on the minimum requirements for the thermal insulation of external damage enclosing structures] // *Krovelnyye i izolyatsionnyye materialy*. 2013. № 1. S. 24-30.
- [4]. Samarin O. D. *Teplofizika. Energoberezheniye. Energoeffektivnost* [Thermophysics. Energy saving. Energy efficiency]. M.: Izd-vo MGSU, 2009. 292 s.
- [5]. Samarin O. D. *Ob optimal'nom raspredelenii teploizolyatsii v ograzhdayushchikh konstruksiyakh zdaniya* [Optimal distribution of thermal insulation in enclosing structures of buildings] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo*. 2003. № 6. S. 59-63.
- [6]. Belyayev V. S., Granik Yu. G., Matrosov Yu. A. *Energoeffektivnost i teplozashchita zdaniy* [Energy efficiency and thermal protection of buildings]. M.: Izd-vo ASV, 2012. 399 s.
- [7]. SP 23-101-2004. *Proyektirovaniye teplovoy zashchity zdaniy*. [Design of thermal protection of buildings] 2004.
- [8]. SNiP 23-02-2003. *Teplovaya zashchita zdaniy*. [Thermal protection of buildings] 2003.
- [9]. Ivanov M. Yu. *Energoeffektivnyye utepliteli v stroitelstve* [Energy-efficient insulant in the construction] // *Proceedings of the Bratsk State University* // *Trudy Bratskogo Gosudarstvennogo Universiteta*. Seriya: yestestvennyye i inzhenernyye nauki. 2012. № 3. S. 161-166.
- [10]. Kovylin A. V., Fokin V. M. *Metodika opredeleniya koeffitsiyentov teploprovodnosti, teplousvoyeniya, teplovoy inertsi, temperaturoprovodnosti i obyemnoy teployemkosti stroitelnykh i teploizolyatsionnykh materialov metodom nerazrushayushchego kontrolya* [Methods of determination coefficients of thermal conductivity, heat absorption, thermal inertia, thermal diffusivity and specific heat volume of construction and thermal insulation materials by non-destructive testing]. *News of Volgograd state University of architecture and civil engineering*. 2010. № 19. S. 112-117.
- [11]. Dmitriyev A. N. *Energoberegayushchiye ograzhdayushchiye konstruksii grazhdanskikh zdaniy s effektivnymi uteplitelyami* [Energy-efficient building envelope civil buildings with effective insulation]. 1999. 353 p.
- [12]. Novoseltsev Yu. P., Kochurova A. N., Russkikh D. N. *Ekologichnyye sovremennyye utepliteli dlya stroitelstva energoeffektivnykh zdaniy* [Modern eco-friendly insulation for the construction of energy efficient buildings]. Russian annual science and practice conference "Society, science, innovation" 2013. Pp. 1592-1595.
- [13]. Masyanova A. M. *Alternativnyye utepliteli v stroitelstve* [Alternative insulation in the construction] // *Collection of articles International science conference Actual problems of scientific thoughts*. 2014. Pp. 166-168.
- [14]. Gnip I. Ya., Kershulis V. I., Veyalis S. A. *Teplotekhnicheskiye svoystva ekovaty* [Heat loss of the building. Handbook] // *Building materials*. 2000. № 11. S. 25-27.
- [15]. ISO TC 163/SC 2 Building materials and products — Hygrothermal properties — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values.
- [16]. GOST 7076-99. *Materialy i izdeliya stroitelnyye. Metod opredeleniya teploprovodnosti i termicheskogo soprotivleniya pri statsionarnom teplovom rezhime* [Building materials and products. Method for determination of thermal conductivity and thermal resistance under steady-state thermal conditions.].
- [17]. Shoykhet B. M. *Nomirovaniye raschetnykh kharakteristik teploizolyatsionnykh materialov v ograzhdayushchikh konstruksiyakh zdaniy* [Rationing of the design characteristics of thermal insulation materials in building envelope]. *Energy saving*. 2010. № 8. С. 38-45.
- [18]. Malyavina Ye.G. *Teplopoteri zdaniya. Spravochnoye posobiye* [Heat loss of the building. Handbook.]. M.: AVOK-PRESS. 2011. 144s.
- [19]. SNiP 31-01-2003. *Zdaniya zhilye mnogokvartirnyye* [Residential apartment buildings].

- [20]. SP 131.13330.2012. *Stroitel'naya klimatologiya* [Building Climatology].
- [21]. Ye.S.Silayenkov Ye. S., Salnikova M. Ye. *Metodika opredeleniya dolgovechnosti sistemy utepleniya naruzhnykh sten s effektivnym uteplitelem* [Method for determining the longevity the thermal insulation system of external walls with effective insulation] Building materials. 2001, N1.-S. 15-17.
- [22]. Gnip I. Ya., Kershulis V. I., Veyalis S. A. *Obsledovaniye vlazhnosti ekovaty v oblegchennykh kirpichnykh stenakh zdaniy s normalnym teplovlazhnostnym rezhimom* [Investigation of humidity of ecowool in lightweight brick walls of buildings with a normal heat and humidity mod. Building materials, 2001, N7.- S.19-21.
- [23]. Ivanov G.V. *Novyy ekologicheski chisty y teploizolyatsionnyy material – Ekovata* [The new environmentally friendly insulation material] // Building materials. 1995. №1 S.21.
- [24]. Lykov A.V. *Metody opredeleniya teploprovodnosti i temperaturoprovodnosti* [Methods for determination thermal conductivity and thermal diffusivity]. M.: Energiya. 1973. 336 s.
- [25]. Ehhort H., Reiss J., Hellwig R. *Energoeffektivnyye zdaniya. Analiz sovremennogo sostoyaniya i perspektiv razvitiya na osnove realizovannykh proyektov* [Energy-efficient buildings. Analysis of the modern state and prospects of development on the basis of completed projects] // AVOK. 2006. № 2. S. 36-49.
- [26]. Fokin K. F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniy* [Thermal Engineering envelope of the building. M.: Stroyizdat, 1973. 287 s.
- [27]. 27. 27. Reagan Barbara M., Villasi Ludwig Thermal properties of wall // Textile Research Journal. 1982. № 11. S. 703-709.
- [28]. Cheng Y., Nin J., Gao N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation // Building and environment. 2012. Vol. 47. Pp. 13-22.
- [29]. Zhang Y. Effect of covering materials on greenhouse energy consumption and microclimate. 1997
- [30]. Dubey S., Solanki S. C., Tiwari A. Energy analysis of PV/T collectors connected in series // Energy and buildings. 2009. № 8. C. 863-870.
- [31]. Boutin-Forzano S., Charpin-Kadouch C., Chabbi S., Bennedjai N., Dumon H., Charpin D. Wall relative humidity: a simple and reliable index for predicting stachybotrys chartarum infestation in dwellings // Indoor Air. 2004. Vol. 3. Pp. 196-199.
- [32]. Bacharoudis E., Margaris D., Vrachopoulos M. K., Filios A. E., Mavrommatis S. A. Study of the natural convection phenomena inside a wall solar chimney with one wall under a heat flux // Applied Thermal Engineering. 2007. Vol. 13. Pp. 2266-2276.
- [33]. Radiation-conduction heat transfer in fibrous heat-resistant insulation under thermal effect // High Temperature. 2008. Vol. 1. Pp. 108-114.
- [34]. Avvakumov V. A., Kafidov G. A., Zlydennaya E. A. Improving the energy Efficiency of individual houses in Russia with the use of efficient Thermal Insulation // Apriori. 2014. Vol. 6. Pp. 1.
- [35]. Wang W., Zhao L., Liu Y., Li Z. Mix design for recycled aggregate thermal insulation concrete with mineral admixtures // Magazine of concrete research. 2014. Vol. 10. Pp.492-504.
- [36]. Moshkova Ye. A., Tuyeva T. V. *Zavisimost koeffitsiyenta teploprovodnosti ekovaty ot vlazhnosti* [The dependence of the thermal conductivity on humidity ecowool] // Collection of articles International science conference. Izd-vo Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennostyu "Aeterna". 2015. S. 31-33.
- [37]. Shoykhet B. M., Stavritskaya L. V. *O raschetnykh kharakteristikakh teploizolyatsionnykh materialov* [Design characteristics of thermal insulation materials]. Energy saving. 2003. № 1. S. 58-69.

Пестряков И.И., Корсун А.В., Гришина О.С., Залата Е.С., Фидрикова А.С. Теплотехнические характеристики рыхлых теплоизоляционных материалов в зависимости от влажности на примере МТЦ «Файбертекс» // Строительство уникальных зданий и сооружений 2015 №8 (35). С. 60-71.

Pestryakov I.I., Korsun A.V., Grishina O.S., Zalata E.S, Fidrikova A.S. Thermal characteristics of friable insulation materials depending on the humidity in the example of "Fiberteks" Construction of Unique Buildings and Structures, 2015, №8 (35), Pp. 60-71. (rus)