

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В
ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ**

П.П. Пастушков

**к.т.н., рук. сектора испытаний теплофизических характеристик
строительных материалов, вед. научный сотрудник НИИСФ РААСН**

г. Екатеринбург, 16 июня 2022 г.

СП 50.13330.2012
«СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»

Подписан 30.06.2012



МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ СП 50.13330.2012

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

Актуализированная редакция

СНиП 23-02-2003

Издание официальное

Москва 2012



МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(МИНРЕГИОН РОССИИ)

ПРИКАЗ

от " 30 " июня 201 2г.

№ 265

Об утверждении свода правил «СНиП 23-02-2003
«Тепловая защита зданий»

В соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений законодательства Российской Федерации, 2010, № 1, ст. 5), по с Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 «О порядке разработки и утверждения сводов правил» законодательства Российской Федерации, 2008, № 48, ст. 5608), п) Положения о Министерстве регионального развития Российской утвержденном постановлением Правительства Российской от 26 января 2005 г. № 40 (Собрание законодательства Российской 2005, № 5, ст. 390; 2007, № 45, ст. 5488), **при ка зываю :**

1. Утвердить и ввести в действие с 1 июля 2013 г. «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» согласно к настоящему приказу.
2. Департаменту архитектуры, строительства и градостроительной политики (Д.В. Шаповал) передать копию настоящего приказа в автономному учреждению «Федеральный центр нормирования, стандартизации и технической оценки соответствия в строительстве» для и распространения свода правил «СНиП 23-02-2003 «Тепловая заш

И.о. Министра

С.

Введен в
действие с
01.07.2013



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ

от 26 декабря 2014 г. № 1521

МОСКВА

Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

В соответствии с частью 1 статьи 6 Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» Правительство Российской Федерации **п о с т а н о в л я е т :**

1. Утвердить прилагаемый перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

2. Установить, что проектная документация, представленная на государственную или негосударственную экспертизу проектной документации и результатов инженерных изысканий до вступления в силу пункта 1 настоящего постановления, проверяется на соответствие национальным стандартам и сводам правил (частям таких стандартов и сводов правил), включенным в перечень, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р.

3. Министерству строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации с участием Министерства экономического развития Российской Федерации до 1 марта 2015 г. утвердить методические рекомендации по применению перечня, утвержденного настоящим постановлением.

Стал
обязательным
с 01.07.2015

ИЗМЕНЕНИЕ №1 К СП 50.13330.2012

Коэффициент условий эксплуатации

$$R_o^{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{R_o^{\text{усл}}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}$$

$$R_o^{\text{пр}} \geq R_o^{\text{норм}}$$

R_s – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$

$$R_o^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}$$

δ_s – толщина слоя, м

λ_s – теплопроводность материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \cdot y_s^{\text{у.э.}}$$

$y_s^{\text{у.э.}}$ – коэффициент условий эксплуатации слоя материала, доли ед., определяемый по результатам натуральных или лабораторных испытаний. При отсутствии данных принимается равным 1.

$$\varepsilon_s = \frac{N_{эс} \gamma_s^{y.э}}{\lambda_s C_s}$$

$N_{эс}$ – срок эффективной эксплуатации материала слоя теплоизоляции, определяемый для каждого вида материала по соответствующим стандартам, год

C_s – цена материала слоя теплоизоляции, руб./м³

Виды теплоизоляционных материалов, применяемые в современных ограждающих конструкциях

Основные виды (более 98% рынка)

Минеральная вата

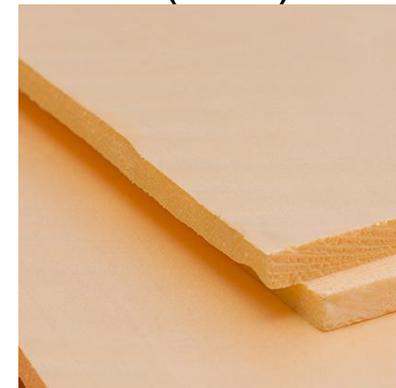
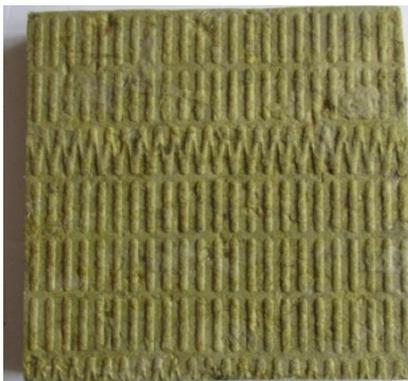
Пенополистирол

Каменная вата
(44%)

Стекловолоконная вата
(25%)

Формованный
(16%)

Экструзионный
(13%)



Виды теплоизоляционных материалов, применяемые в современных ограждающих конструкциях

Другие виды (менее 2% рынка)

Пенополиуретан/полиизоцианурат



Вспененный синтетический
каучук



Сверхнизкоплотный
ячеистый бетон



Вспененный полиэтилен



Аэрогель



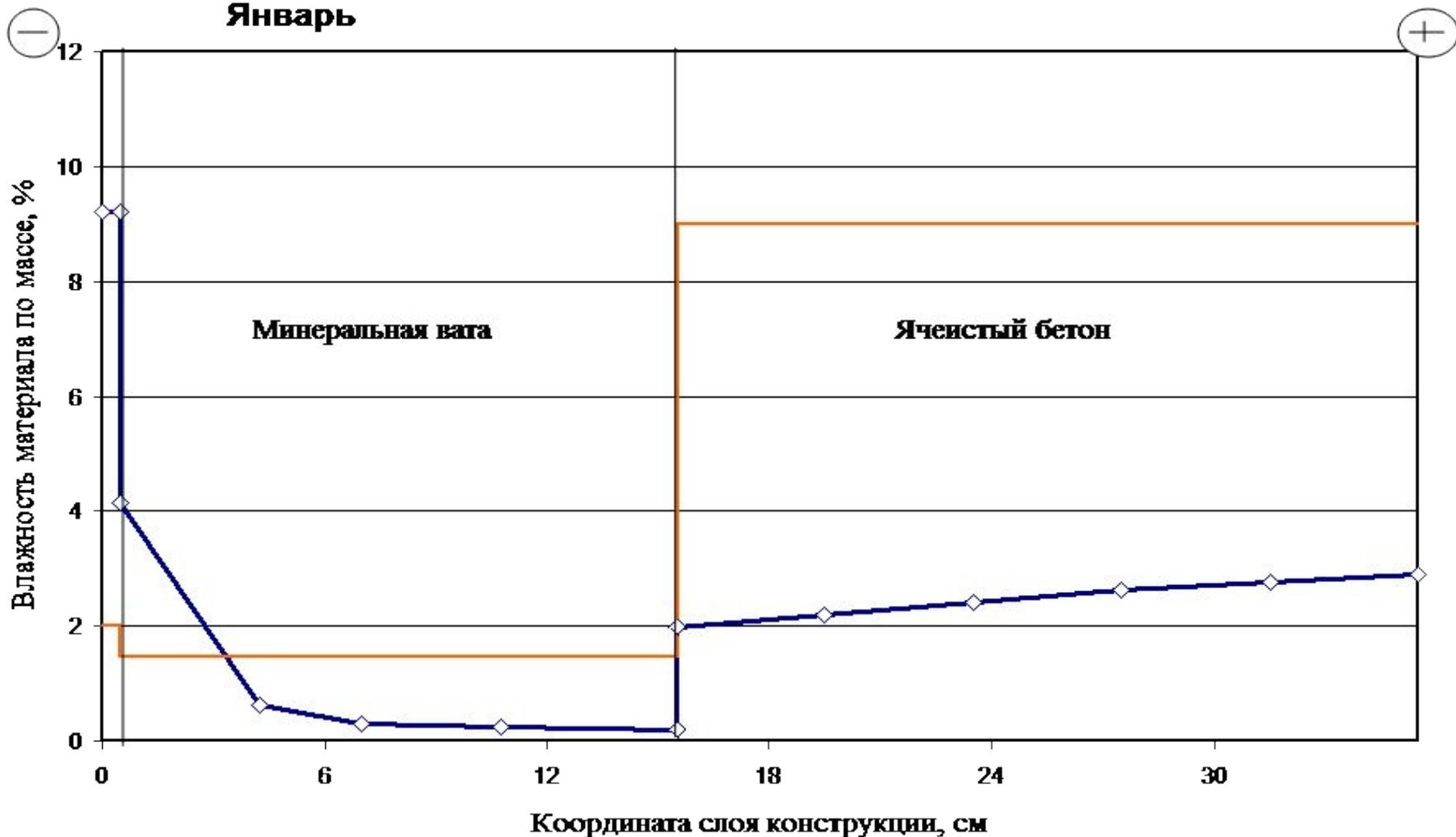
Вакуумные панели



Распределение влажности в ограждающей конструкции по месяцам эксплуатации

Распределение влажности по толщине ограждающей конструкции

Январь



Установление равновесной влажности в конструкции



Условия эксплуатации ограждающих конструкций А и Б



МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ

СП 50.13330.2012

ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ

Актуализированная редакция

СНиП 23-02-2003

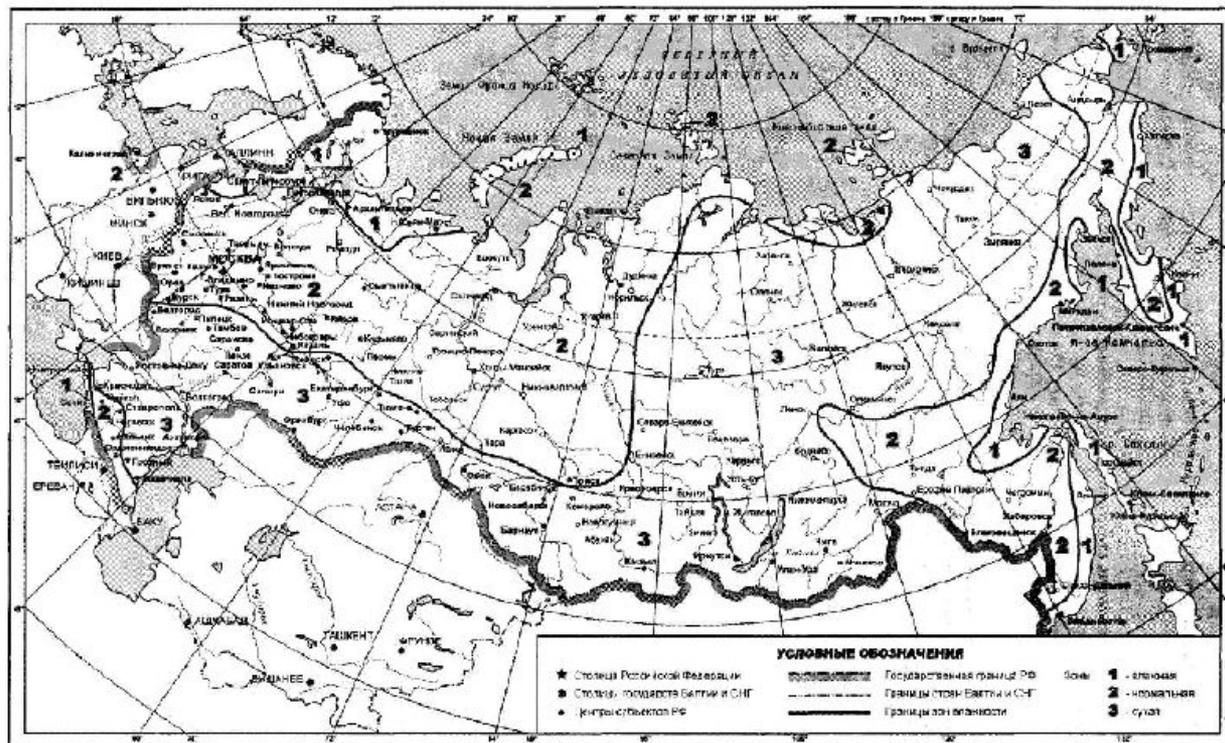
Издание официальное

Москва 2012

4.4 Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства, необходимые для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений, следует устанавливать по таблице 2. Зоны влажности территории России следует принимать по приложению В.

Таблица 2 — Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по таблице 1)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по приложению В)		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

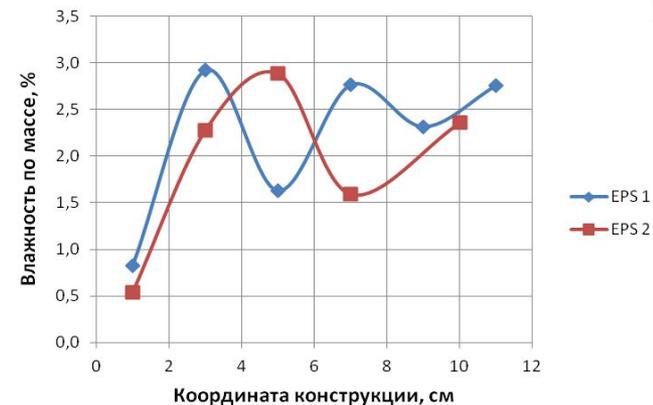


Натурные исследования влажностного состояния стен со скрепленной теплоизоляцией

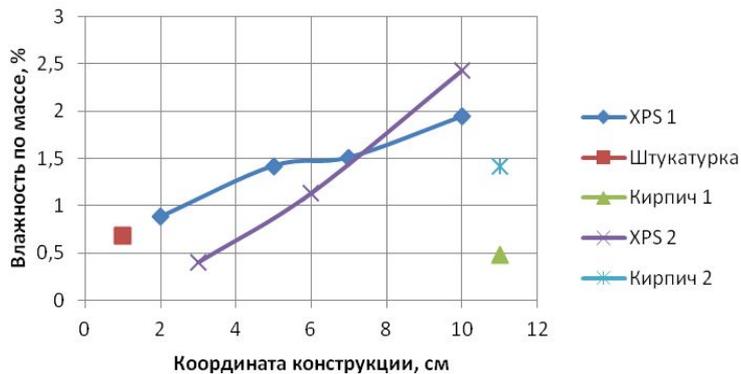
г. Санкт-Петербург



г. Тверь

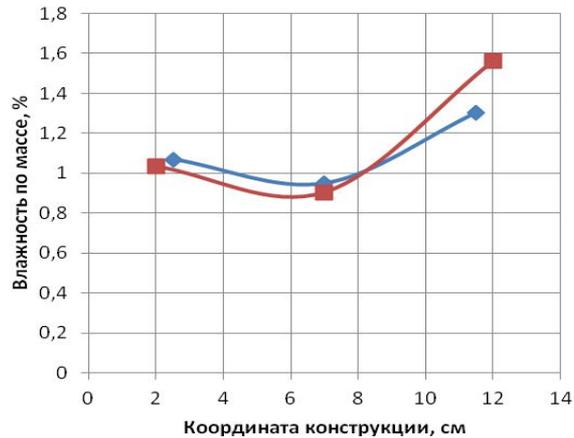


г. Новосибирск

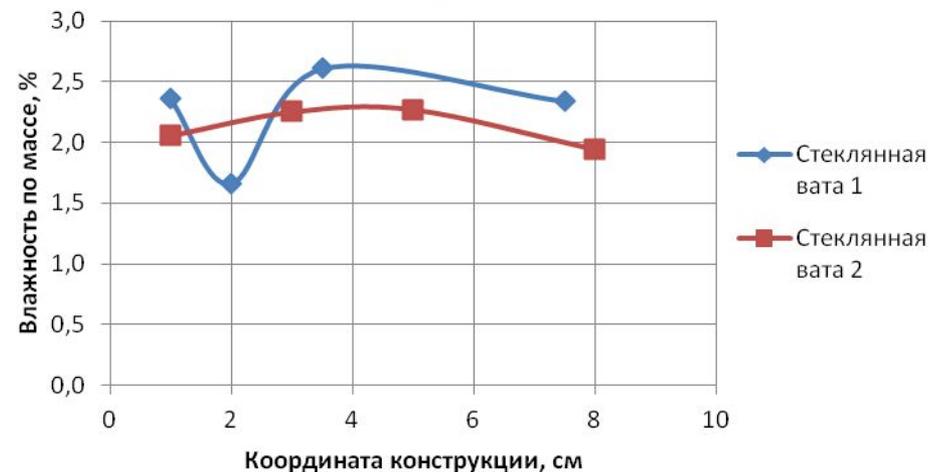


Натурные исследования влажностного состояния стен с навесными фасадными системами

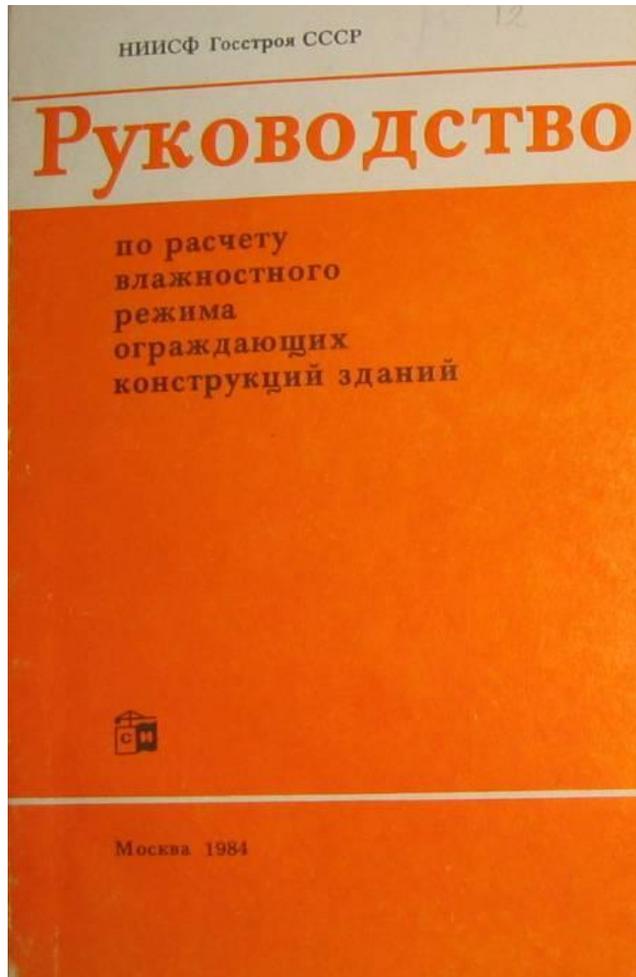
г. Новосибирск



г. Мурманск



Численные расчеты влажностного режима ограждающих конструкций



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ
И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY
AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ 32494
-2013

ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ
Метод математического моделирования
температурно-влажностного режима ограждающих конструкций

(EN 15026:2007, NEQ)

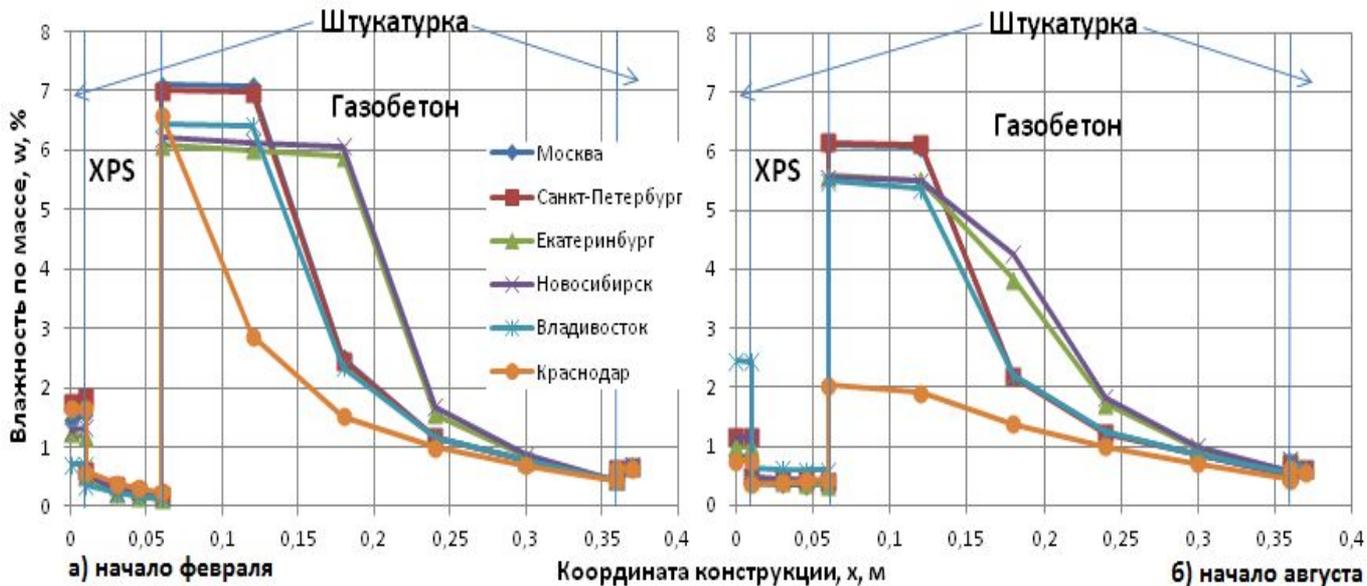
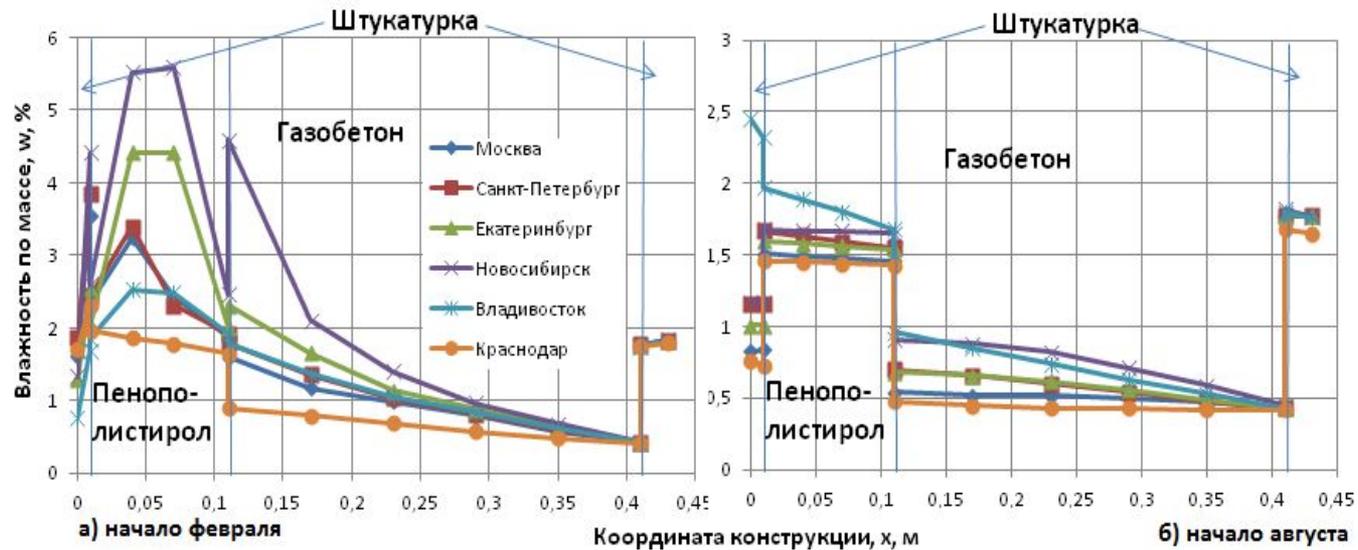
Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2014

Пастушков П.П., Павленко Н.В., Коркина Е.В. Использование расчетного определения эксплуатационной влажности теплоизоляционных материалов. Строительство и реконструкция. 2015

Результаты численных расчетов распределения влажности внутри конструкций



Эксплуатационная влажность материалов после месяца наибольшего влагонакопления по результатам численных расчетов

Материал	Эксплуатационная влажность, w_3 , %					
	Москва	Санкт-Петербург	Екатеринбург	Новосибирск	Владивосток	Краснодар
Газобетон D400	3,18	3,13	3,47	3,56	2,93	2,18
Минеральная вата	0,79	0,87	0,80	1,11	0,53	0,75
Пенопласт	2,59	2,62	3,58	4,49	2,30	1,82
XPS	0,32	0,35	0,24	0,28	0,23	0,38

Сравнение расчетных значений эксплуатационной влажности материалов с результатами натуральных исследований

Город	Материал	Месяц	Эксплуатационная влажность, w_3 , %	
			Натурные исследования	Численный расчет
Санкт-Петербург	Минеральная вата	Июль	0,95	0,94
	Пенополистирол	Февраль	2,27	2,62
Новосибирск	Минеральная вата	Апрель	1,13	0,95
	Пенополистирол		3,13	3,25

Характеристики материалов для моделирования температурно-влажностного режима ограждающих конструкций

Характеристики материала	Обозначение	Значения в таблицах	Метод определения
Плотность	ρ	СНиП 23-02-2003	ГОСТ 12730.1-78
Удельная теплоемкость	c	СНиП 23-02-2003	ГОСТ 23250-78
Теплопроводность	λ	СНиП 23-02-2003	ГОСТ 7076-99
Равновесная сорбционная влажность	$\varphi(w)$		ГОСТ 24816-2014
Паропроницаемость	μ	СНиП 23-02-2003	ГОСТ 25898-2020
Коэффициент капиллярного всасывания	K		ГОСТ Р 56505-2015
Коэффициент статической и динамической влагопроводности	$\beta, \beta_{\text{дин}}$		ГОСТ Р 56504-2015

Исследования сорбции водяного пара строительными материалами



Сорбцией называется процесс поглощения водяного пара материалом из окружающей среды, который приводит к равновесному влажностному состоянию материала с окружающей средой.

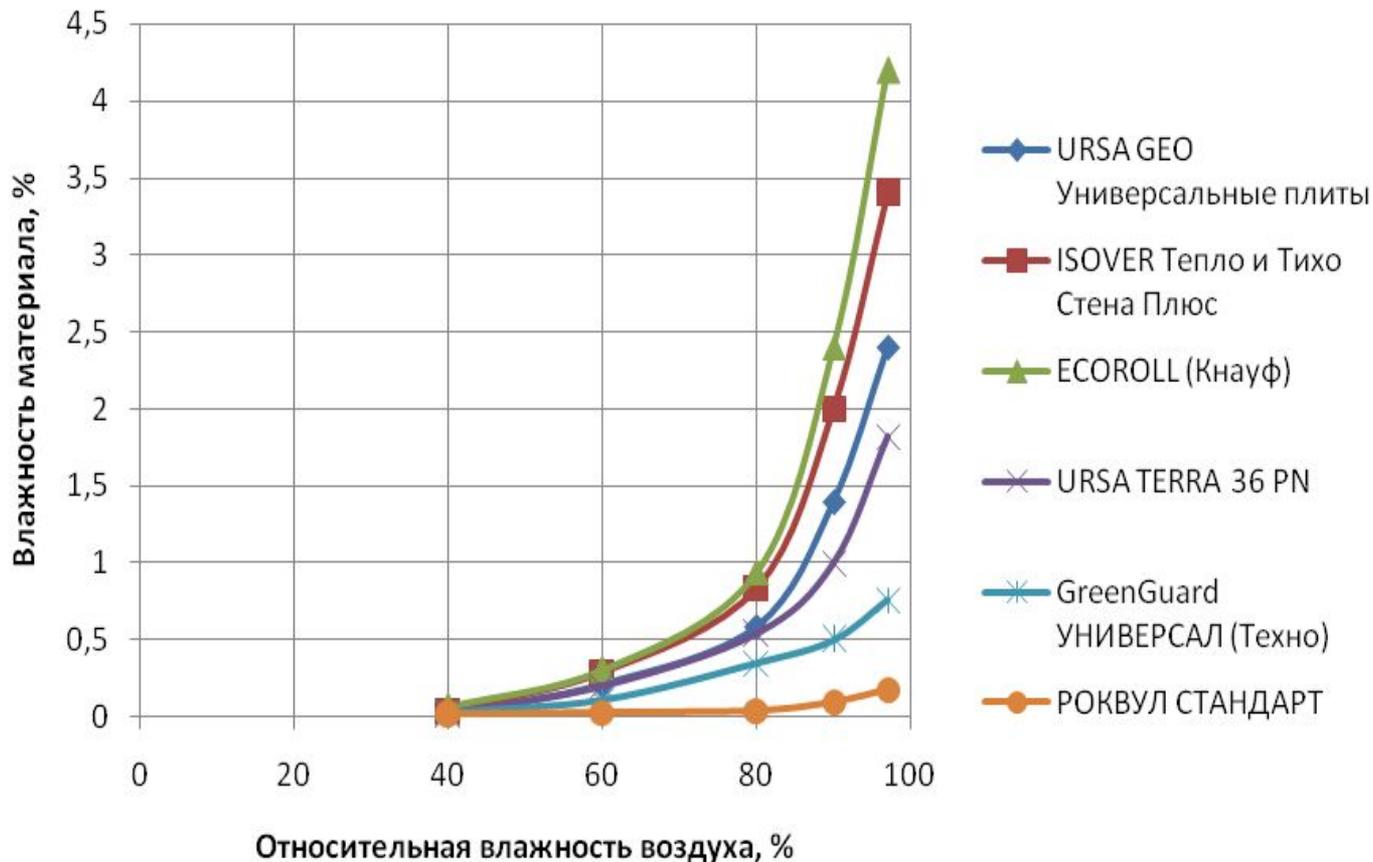
Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Дис... доктора техн. наук. Москва. 2000

Результаты определения сорбции водяного пара материалами минераловатных изделий



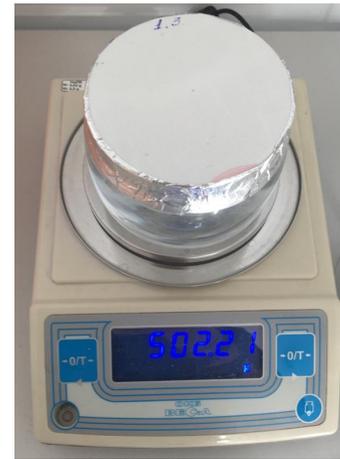
№	Марка минераловатного изделия	Средняя плотность, кг/м ³	Сорбционная влажность, %, по массе, при температуре (20±2)°C и относительной влажности воздуха, %				
			40	60	80	90	97
1	URSA GEO Универсальные плиты	17	0,025	0,21	0,59	1,4	2,4
2	ISOVER Тепло и Тихо Стена Плюс	26,5	0,041	0,29	0,84	2	3,4
3	ECOROLL	16,5	0,067	0,31	0,94	2,4	4,2
4	URSA TERRA 36 PN	15	0,018	0,2	0,54	1	1,82
5	GreenGuard УНИВЕРСАЛ	45,5	0,028	0,11	0,35	0,5	0,76
6	РОКВУЛ СТАНДАРТ	30	0,016	0,03	0,042	0,1	0,18

Изотермы сорбции материалов минераловатных изделий



Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Сорбция водяного пара материалами минераловатных изделий современного производства. Строительные материалы. 2019

Исследования паропроницаемости строительных материалов



Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Методика определения суммарного сопротивления паропроницанию наружных отделочных слоев СФТК. Вестник МГСУ. 2012.

Исследования паропроницаемости строительных материалов

$$R_n = \frac{E - e}{\Delta m} \cdot \Delta z \cdot S - \frac{\delta_v}{\mu_v}$$

R_n – сопротивление паропроницанию образца, (м²·ч·Па)/мг;

E – парциальное давление водяного пара в сосуде под образцом, Па;

e – парциальное давление водяного пара в пространстве шкафа над образцом, Па;

Δm – изменение массы сосуда с водой и образцом между двумя взвешиваниями, мг;

Δz – промежуток времени между двумя взвешиваниями, с;

S – площадь сечения образца, м²;

δ_v – толщина воздушного слоя (расстояние от уровня воды в испарительной чашке до нижнего основания образца), м;

μ_v – паропроницаемость воздуха в сосуде, мг/(м·ч·Па) (равна 1,01 мг/(м·ч·Па)).

$$\mu = \frac{\delta_o}{R_n}$$

μ – паропроницаемость материала образца, мг/(м·ч·Па);

δ_o – толщина образца, м.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
25898—
2020

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

Методы определения паропроницаемости
и сопротивления паропроницанию

(ISO 12572:2016, NEQ)

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2021

Результаты исследований паропроницаемости строительных материалов

Стеклянная вата

Марка	Средняя плотность, ρ , кг/м ³	Сопротивление паропроницанию, R , м ² ·ч·Па/мг	
40 RN	10	0,051	0,59
37 RN	12,5	0,056	0,54
37 PN	16	0,056	0,54
35 QN	19	0,061	0,49
34 PN	20	0,079	0,38
34 P FB	23	0,097	0,31
32 PN	26	0,094	0,32
32 P FB	33	0,120	0,25

Газобетон

Марка	Средняя плотность, ρ , кг/м ³	Сопротивление паропроницанию, R_p , м ² ·ч·Па/мг	Паропроницаемость, μ , мг/(м·ч·Па)
D300	330	0,198	0,126
D400	410	0,215	0,120
D500	504	0,240	0,105
D600	634	0,268	0,095

Каменная вата

Марка	Средняя плотность, ρ , кг/м ³	Сопротивление паропроницанию, R , м ² ·ч·Па/мг	
Лайт 50	50	0,083	0,36
Венти 80	80	0,080	0,375
Фасад	150	0,082	0,365
Руф-Н	110	0,081	0,37
Руф	140	0,088	0,34
Руф-В	180	0,086	0,35

Действующие в РФ нормативные документы по определению теплопроводности в лабораторных условиях

ГОСТ 7076—99

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ СТРОИТЕЛЬНЫЕ

Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме

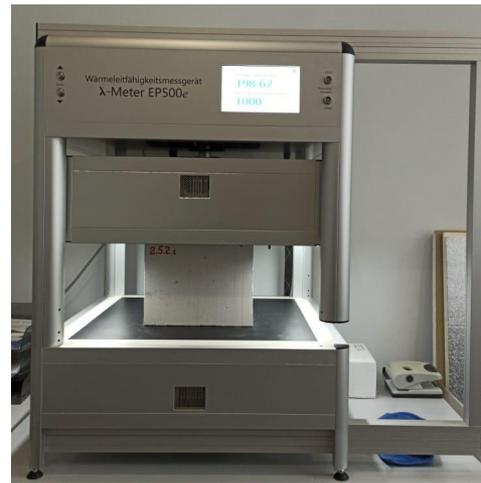
Издание официальное

МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, ТЕХНИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ
И СЕРТИФИКАЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
(МНТКС)

ГОСТ 7076—99

- размеры каждого образца;
- толщина каждого образца перед началом испытания и в процессе испытания с указанием, проводилось ли испытание при фиксированном давлении на образец или при фиксированной толщине образца;
- фиксированное давление (если оно было фиксировано);
- средний размер неоднородных включений в образцах (если они есть);
- методика сушки образцов;
- относительное изменение массы каждого образца вследствие его сушки;
- влажность каждого образца до начала и после окончания испытания;
- плотность каждого образца в процессе испытания;
- относительное изменение массы каждого образца, произошедшее в процессе испытания;
- температура горячей и холодной лицевых граней каждого образца;
- разность температур горячей и холодной лицевых граней каждого образца;
- средняя температура каждого образца;
- плотность теплового потока через каждый образец после установления стационарного теплового режима;
- термическое сопротивление каждого образца;
- эффективная теплопроводность материала каждого образца;
- среднеарифметическое значение термического сопротивления всех испытанных образцов;
- среднеарифметическое значение эффективной теплопроводности всех испытанных образцов;
- направление теплового потока;
- дата испытания;
- дата последней градуировки прибора (если испытание проведено на оснащённом тепломером приборе);
- для стандартных образцов, использованных при градуировке прибора, должно быть указано: тип, термическое сопротивление, дата поверки, срок действия поверки, организация, проводившая поверку;
- оценка погрешности измерения термического сопротивления или эффективной теплопроводности;

Исследования теплопроводности строительных материалов



Пастушков П.П. О проблемах определения теплопроводности строительных материалов. Строительные материалы. 2019.

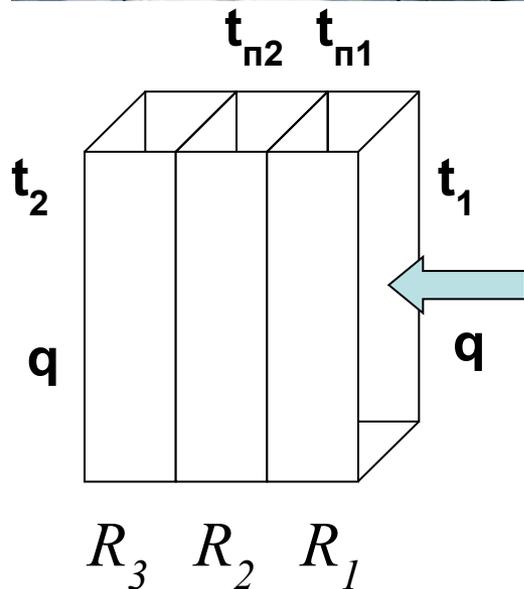
Методическое пособие по назначению расчетных теплотехнических показателей строительных материалов и изделий

Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации

Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и технической оценки соответствия в строительстве»

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО НАЗНАЧЕНИЮ РАСЧЕТНЫХ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
И ИЗДЕЛИЙ

Москва 2019



$$R_o = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{i=1}^n R_i$$

$$\delta_o = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_n = \sum_{i=1}^n \delta_i$$

$$\lambda_o = \frac{\delta_o}{R_o}$$

Определение расчетной теплопроводности на основе использования коэффициента теплотехнического качества

$$\lambda(w_{\text{э}}) = \lambda_0 + \Delta\lambda \cdot w_{\text{э}} = \lambda_0 \left(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot w_{\text{э}} \right) = \lambda_0 (1 + \eta \cdot w_{\text{э}})$$

$$\lambda_{\text{А}} = \lambda_0 (1 + \eta \cdot w_{\text{А}}) \quad \lambda_{\text{Б}} = \lambda_0 (1 + \eta \cdot w_{\text{Б}})$$

λ_0 – теплопроводность материала в сухом состоянии, Вт/(м·°С);

$\Delta\lambda$ – приращение теплопроводности материала на 1 % влажности, Вт/(м·°С·%);

$w_{\text{э}}$ – эксплуатационная влажность материала по массе, %;

$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \eta$ – коэффициент теплотехнического качества (КТК), 1/%

Результаты исследований эксплуатационной теплопроводности теплоизоляционных материалов

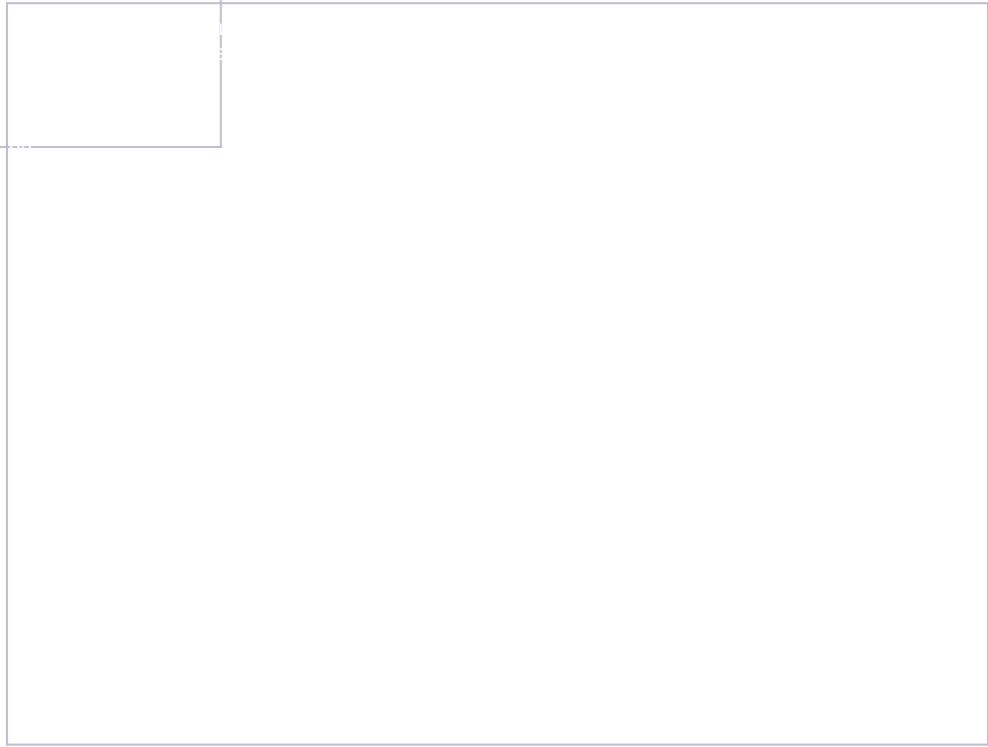
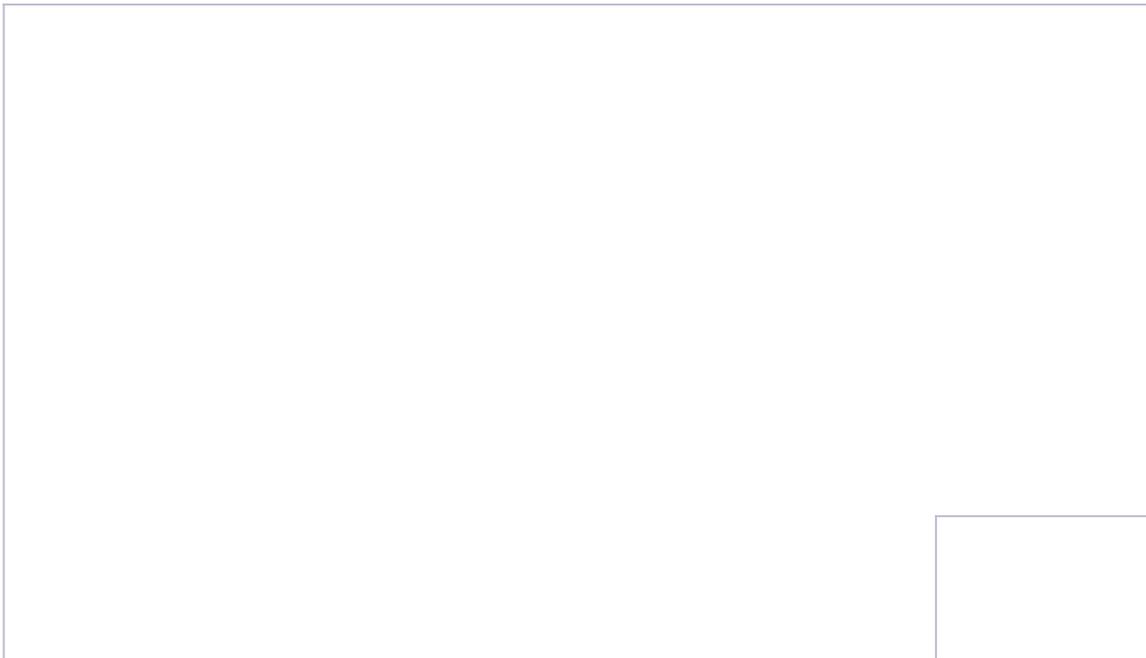
Вид теплоизоляционного материала	Теплопроводность в сухом состоянии при средней температуре 25 °С, λ_{25} , Вт/(м·°С)	Коэффициент теплотехнического качества, η , 1/%
Каменная вата	0,036-0,039	0,04
Стеклянная вата	0,035-0,042	0,04
Формованный пенополистирол (EPS)	0,037-0,058	0,03
Экструдированный пенополистирол (XPS)	0,032-0,035	0,035
Пенополиизоцианурат (PIR)	0,023-0,030	0,03
Низкоплотный газобетон (D100-D400)	0,049-0,111	0,04

ИЗМЕНЕНИЕ №2 К СП 50.13330.2012. Расчетные теплотехнические показатели



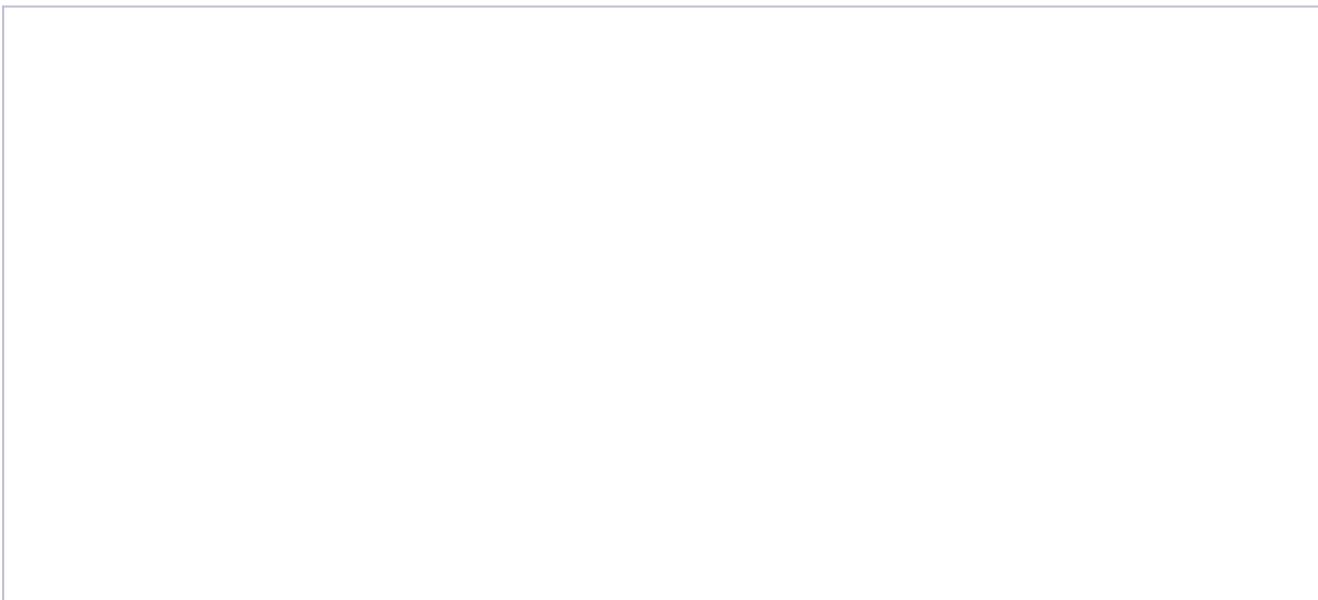
Материал	Характеристики материалов в сухом состоянии			Расчетные характеристики материалов при условиях эксплуатации конструкций А и Б						
	плотность ρ_0 , кг/м ³	удельная теплоемкость c_0 , кДж/(кг·°C)	теплопроводность λ_0 , Вт/(м·°C)	влажность w, %	теплопроводность λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоение (при периоде 24 ч) s, Вт/(м ² ·°C)		паропроницаемость μ , мг/(м·ч·Па)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Теплоизоляционные материалы										
1 Плиты из пенополистирола	25 – 35	1,34	0,038	2	10	0,040	0,049	0,34	0,38	0,05
2 То же	17 – 25	1,34	0,039	2	10	0,041	0,051	0,29	0,32	0,05
3 »	13 – 17	1,34	0,041	2	10	0,043	0,053	0,25	0,28	0,05
4 »	10 – 13	1,34	0,044	2	10	0,047	0,057	0,23	0,25	0,05
5 »	До 10	1,34	0,055	2	10	0,058	0,072	0,22	0,24	0,05
6 Плиты из пенополистирола фасадные	16 – 18,5	1,34	0,037	2	10	0,039	0,048	0,26	0,29	0,05
7 Плиты из экструзионного	До 25	1,34	0,033	1	2	0,034	0,035	0,31	0,33	0,005

**ИЗМЕНЕНИЕ №2 К СП 50.13330.2012.
Расчетные теплотехнические показатели**



ИЗМЕНЕНИЕ №2 К СП 50.13330.2012.

Расчетные теплотехнические показатели



173 Ячеистые автоклавного твердения	800	0,84	0,194	4	6	0,225	0,241	3,38	3,51	0,08
174 То же	700	0,84	0,173	4	6	0,201	0,215	2,98	3,10	0,09
175 »	600	0,84	0,152	4	6	0,176	0,188	2,59	2,69	0,1
176 »	500	0,84	0,131	4	6	0,152	0,162	2,19	2,28	0,11
177 »	400	0,84	0,11	4	6	0,128	0,136	1,80	1,87	0,12
178 »	300	0,84	0,089	4	6	0,103	0,110	1,40	1,46	0,13
179 »	200	0,84	0,068	4	6	0,079	0,084	1,00	1,04	0,14
180 »	100	0,84	0,047	4	6	0,055	0,058	0,59	0,61	0,2

характеристики – Табличные значения расчетных теплотехнических характеристик и методы определения
декларируемых и расчетных теплотехнических характеристик»

ISO/FDIS 10456:2007(E)

ISO TC 163/SC 2/WG 9

Secretariat: SN

Building materials and products — Hygrothermal properties — Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values

Тип материала	f_u
Пенополистирол	–
Экструдированный пенополистирол	–
Пенополиуретан, жесткий	–
Минеральная вата	–
Фенольный пенопласт	–
Плиты на основе перлита	0,8
Пробка	–
Фибролит	–
Древесно-волоконистая плита	1,5
Вата на основе волокон целлюлозы	0,5
Вспученный перлит	3
Вспученный вермикулит	2
Керамзит	4
Пенополистирол в гранулах	–

Расчетная теплопроводность материала определяется по формуле:

$$\lambda_2 = \lambda_1 F_T F_m F_a$$

где λ_1 – известное значение теплопроводности, определенное в стандартных условиях испытаний;

λ_2 – расчетное значение теплопроводности в конструкции при заданной расчетной влажности и температуре материала;

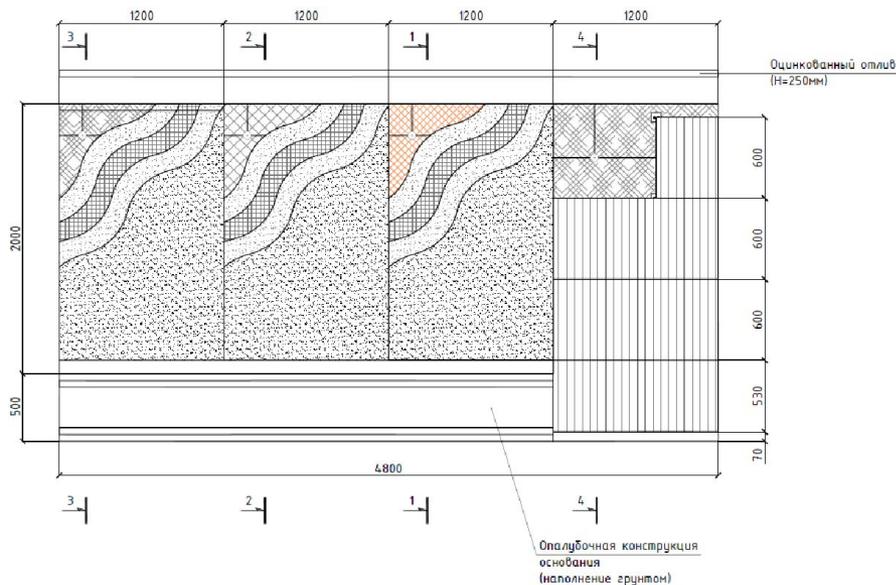
F_T – множитель, учитывающий зависимость теплопроводности от температуры;

F_m – множитель, учитывающий зависимость теплопроводности от влажности материала;

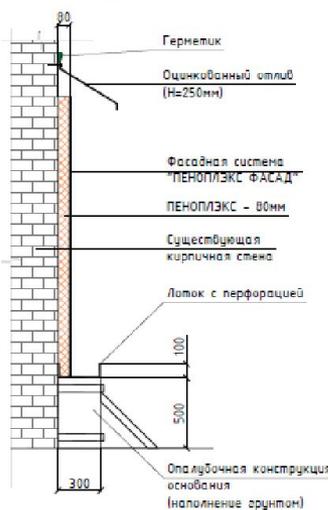
F_a – множитель, учитывающий фактор старения материала во времени.

$$F_m = e^{f_u(u_2 - u_1)}$$

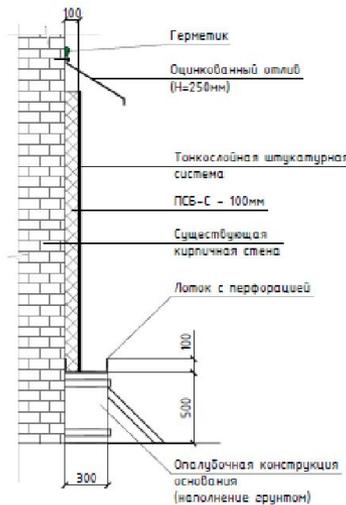
Экспериментальный стенд для моделирования условий эксплуатации основных видов ТИМ в составе фасадных систем



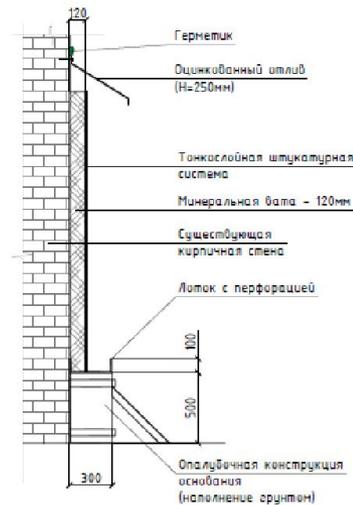
Разрез 1-1



Разрез 2-2



Разрез 3-3



Пастушков П.П., Павленко Н.В.
 Моделирование условий
 эксплуатации теплоизоляционных
 материалов в составе фасадных
 систем. Строительство и
 реконструкция. 2019

Экспериментальный стенд для моделирования условий эксплуатации основных видов ТИМ в составе фасадных систем



Методы определения срока эффективной эксплуатации минераловатных и полимерных теплоизоляционных материалов

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
57418—
2017

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
МИНЕРАЛОВАТНЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ

Метод определения срока
эффективной эксплуатации

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2017

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
58950—
2020

КОНСТРУКЦИИ ОГРАЖДАЮЩИЕ ЗДАНИЙ

Метод определения срока эффективной
эксплуатации полимерной теплоизоляции

Издание официальное

$$N_{p1} = \frac{0,05\lambda_0}{k_1} \quad N_{p2} = -\frac{0,1R_0}{k_2} \quad N_p = \min(N_{p1}, N_{p2})$$

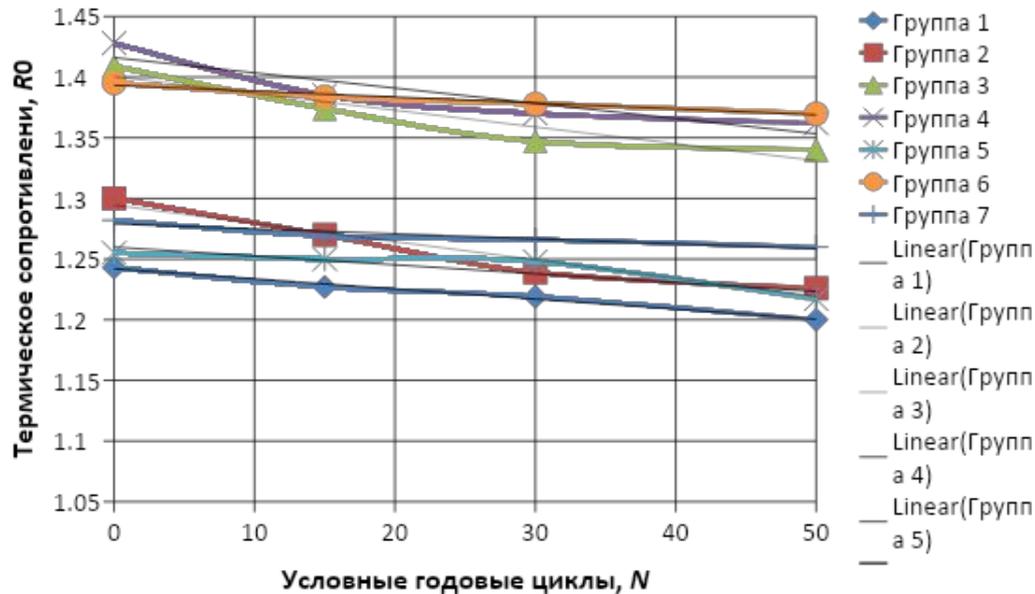
$$N_3 = \begin{cases} N, & \begin{cases} N \leq N_{p1} \text{ либо } k_1 = 0 \\ N \leq N_{p2} \text{ либо } k_2 = 0 \end{cases} \\ N_p, & N > N_p \end{cases}$$

Экспериментальные исследования по определению срока эффективной эксплуатации минераловатных и полимерных ТИМ



ИЗМЕНЕНИЕ №1 К СП 345.1325800.2017. Расчет коэффициента условий эксплуатации

Изменение термического сопротивления образцов минеральной ваты после проведенных циклов замораживания-оттаивания



Е.1 Минераловатные и полимерные теплоизоляционные материалы в кровлях, СФТК и слоистых кладках

$$y_s^{y.э.} = \frac{R_N}{R_0} \approx 0,9$$

Е.3 Полимерные теплоизоляционных материалы в заглубленных конструкциях и конструкциях, контактирующих с грунтом

Математическая модель изменения теплопроводности с течением времени полимерных теплоизоляционных материалов

Теплопроводность композиционных материалов:

$$\lambda = (1 - \zeta_{\Gamma}) \cdot \lambda_c + \zeta_{\Gamma} \cdot \lambda_{\Gamma}$$

λ_c – теплопроводность материала скелета

λ_{Γ} – теплопроводность дисперсной фазы

$$\zeta_{\Gamma} \lambda_{\Gamma} = \zeta_1 \lambda_1 + \zeta_2 \lambda_2 = \zeta_1 \lambda_1 + (\zeta_{\Gamma} - \zeta_1) \lambda_2$$

ζ_1 – объемная доля газа в материале

ζ_2 – объемная доля воздуха в материале

Скорость изменения объемной доли газа в материале:

$$\frac{d\zeta_1}{dt} = -s \cdot \zeta_1$$

Уравнение изменения теплопроводности в зависимости от времени:

$$\lambda = \lambda_0 + [(\lambda_2 - \lambda_1)\zeta_{\Gamma}] \cdot [1 - e^{-st}]$$

λ_0 – начальная теплопроводность

λ_1 – теплопроводность газа

λ_2 – теплопроводность воздуха

Параметры, определяемые по результатам эксперимента:

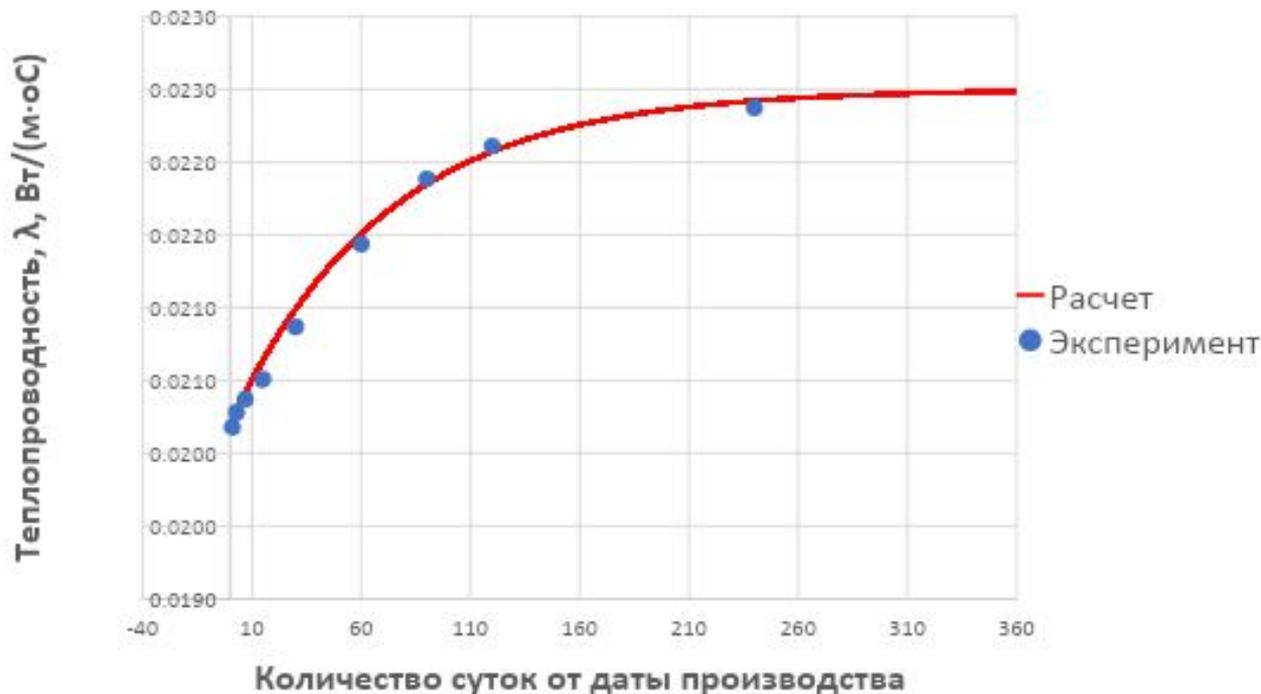
$$(\lambda_2 - \lambda_1)\zeta_{\Gamma} \quad s$$

Уравнение для установившейся теплопроводности материала:

$$\lambda_{\infty} = \lambda_0 + [(\lambda_2 - \lambda_1)\zeta_{\Gamma}]$$

Изменение во времени теплопроводности газонаполненных полимерных теплоизоляционных материалов

Изменение теплопроводности пенополиизоцианурата (PIR) с течением времени

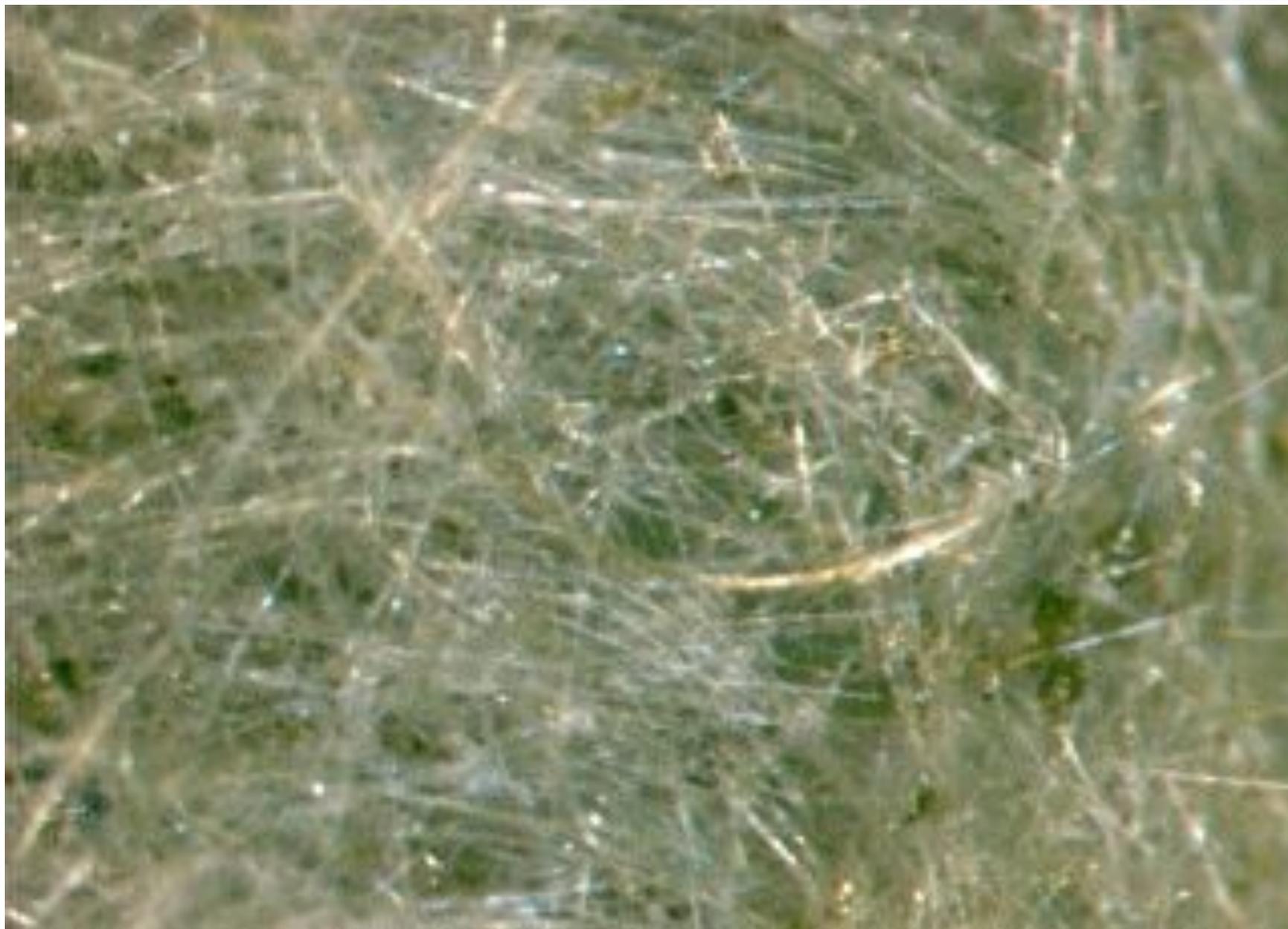


Закон изменения теплопроводности испытанного материала в зависимости от времени: $\lambda = 0,0202 + 0,0023 \cdot [1 - e^{-0,0014t}]$ Вт/(м·°C)

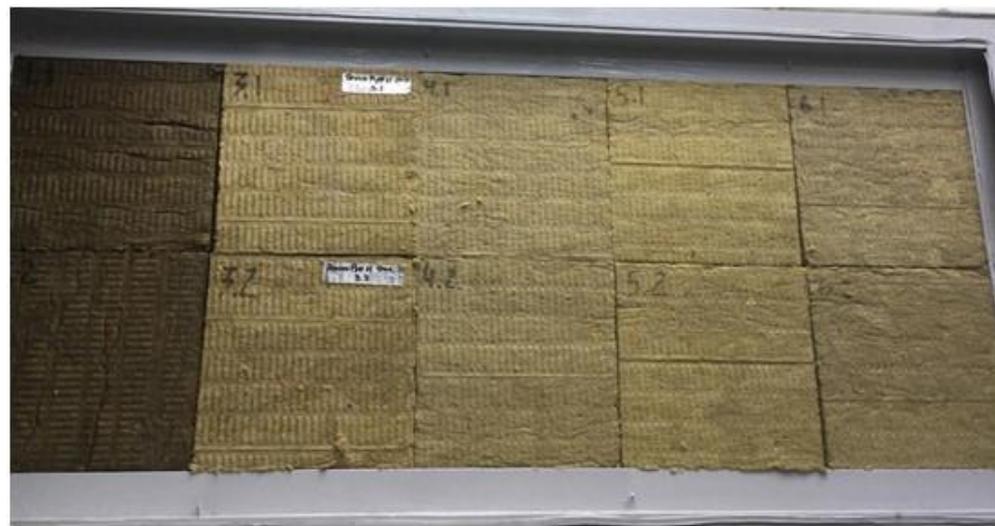
Значение установившейся теплопроводности: $\lambda_{\infty} = 0,0202 + 0,0023 \approx 0,023$ Вт/(м·°C)

Коэффициент условий эксплуатации: $y_s^{y.э.} = \frac{\lambda_0}{\lambda_{\infty}} \approx 0,88$

Колебания волокон минераловатного утеплителя в воздушной прослойке вентилируемого фасада



Экспериментальное определение характеристик эмиссии волокон при обдувании воздухом



Методы определения характеристик эмиссии волокон при обдувании воздухом

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р
56732—
2015

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ

Методы определения характеристик
эмиссии волокон
при обдувании воздухом

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2016

$$j = \chi \cdot \rho_M \cdot \left(\frac{U}{U_1} \right)^{2,35} \quad \chi = \frac{\frac{i}{A \cdot \rho_M}}{\left(\frac{U}{U_1} \right)^{2,35}}$$

$$(\Delta M) \Big|_{z=1} = (365 \cdot 24 \cdot 3600) \cdot \chi \cdot \rho_M \cdot \left(\frac{v_{\max}}{U_1} \right)^{2,35}$$

$$(\Delta M) \Big|_{z=\Delta T} = \Delta T \cdot (\Delta M) \Big|_{z=1}$$

$$\Delta R_o = \frac{\Delta \delta}{\lambda} = \frac{(\Delta M) \Big|_{z=\Delta T}}{\rho_m \lambda}$$

$$y_s^{y.э.} = 1 - \frac{(365 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \Delta T) \cdot \chi}{\delta_0} \approx 0,95$$

Метод определения воздухопроницаемости теплоизоляционных материалов

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

ГОСТ
32493 —
2013

МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ

Метод определения воздухопроницаемости
и сопротивления воздухопроницанию

Издание официальное



Москва
Стандартинформ
2014

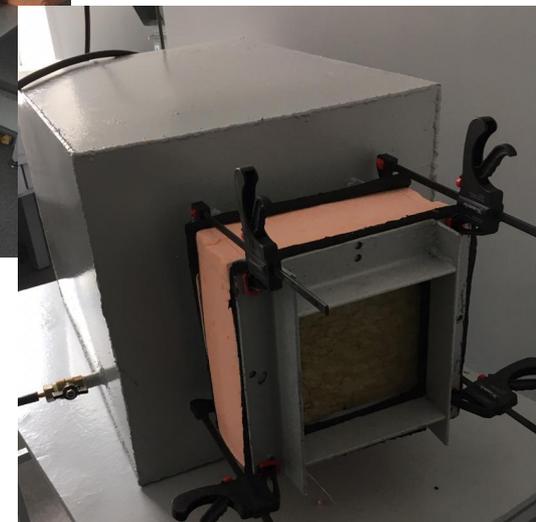
$$G = i \frac{(\Delta P)^n}{\delta}$$

G – плотность потока воздуха, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$;

ΔP – перепад давления, Па;

δ – толщина образца, м;

n – показатель режима фильтрации.



Пастушков П.П., Гагарин В.Г. Воздухопроницаемость минераловатных изделий современного производства. Строительные материалы. 2020

Система ГОСТов по определению теплофизических характеристик материалов при эксплуатационных условиях

ГОСТ 17177-94 Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний

ГОСТ 7076-99 Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме

ГОСТ 25898-2020 Материалы и изделия строительные. Методы определения сопротивления паропрооницанию

ГОСТ 32493-2013 Материалы и изделия теплоизоляционные. Метод определения воздухопроницаемости и сопротивления воздухопроницанию

ГОСТ 32494-2013 Здания и сооружения. Метод математического моделирования температурно-влажностного режима ограждающих конструкций

ГОСТ 24816-2014 Материалы строительные. Метод определения равновесной сорбционной влажности

ГОСТ Р 56504-2015 Материалы строительные. Методы определения коэффициентов влагопроводности

ГОСТ Р 56505-2015 Материалы строительные. Методы определения показателей капиллярного всасывания воды

ГОСТ Р 56732-2015 Материалы и изделия теплоизоляционные. Методы определения характеристик эмиссии волокон при обдувании воздухом

ГОСТ Р 57418-2017 Материалы и изделия минераловатные теплоизоляционные. Метод определения срока эффективной эксплуатации

ГОСТ Р 58950-2020 Конструкции ограждающие зданий. Метод определения срока эффективной эксплуатации полимерной теплоизоляции

ГОСТ Р 59985-2022 Конструкции ограждающие зданий. Методы определения теплотехнических показателей теплоизоляционных материалов и изделий при эксплуатационных условиях



Спасибо за внимание!