

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНСТРОЙ РОССИИ)



федеральное государственное бюджетное учреждение
«Научно-исследовательский институт строительной физики
Российской академии архитектуры и строительных наук»
(НИИСФ РААСН)

Research Institute of Building Physics
Russian Academy of Architecture and Construction Science (NIISF RAACS)

УТВЕРЖДАЮ
Директор НИИСФ РААСН



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по теме:

**Комплексные исследования теплофизических характеристик изделий из
минеральной изоляции производства ООО «УРСА Евразия»**

Договор № 12270(2019) от «07» октября 2019 г.

Рук. сектора испытаний теплофизических
характеристик строительных материалов,
вед. науч. сотр. лаб. строит. теплофизики, к.т.н.

П.П. Пастушков

Москва, 2019 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Определение стабильности размеров при заданной температуре и влажности	3
2. Определение прочности при растяжении параллельно лицевым поверхностям	7
3. Определение срока эффективной эксплуатации	10
4. Определение воздухопроницаемости и сопротивления воздухопроницанию	14
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	17

1. Определение стабильности размеров при заданной температуре и влажности

В секторе испытаний теплофизических характеристик строительных материалов лаборатории «Строительная теплофизика» НИИСФ РААСН проведены испытания по методике ГОСТ EN 1604 по определению стабильности размеров при заданной температуре и влажности минеральной изоляции марок: URSA 44 RN, URSA 41 RN, URSA 40 RN, URSA 40 RA_{Lu}, URSA 40 PN, URSA 37 RN, URSA 37 RA_{Lu}, URSA 37 PN, URSA 36 PN, URSA 35 RN, URSA 35 QN, URSA 34 RN, URSA 34 RA_{Lu}, URSA 34 PN, URSA 34 PFB, URSA 33 PN, URSA 32 PN, URSA 32 PFB, URSA 32 PN ER, URSA 31 PN, URSA 31 PN ER, выпускаемой ООО «УРСА Евразия» по ТУ 23.99.19-016-71451657-2019.

Образцы минеральной изоляции, подготовленные для испытаний по методике ГОСТ EN 1604, представлены на рис. 1.

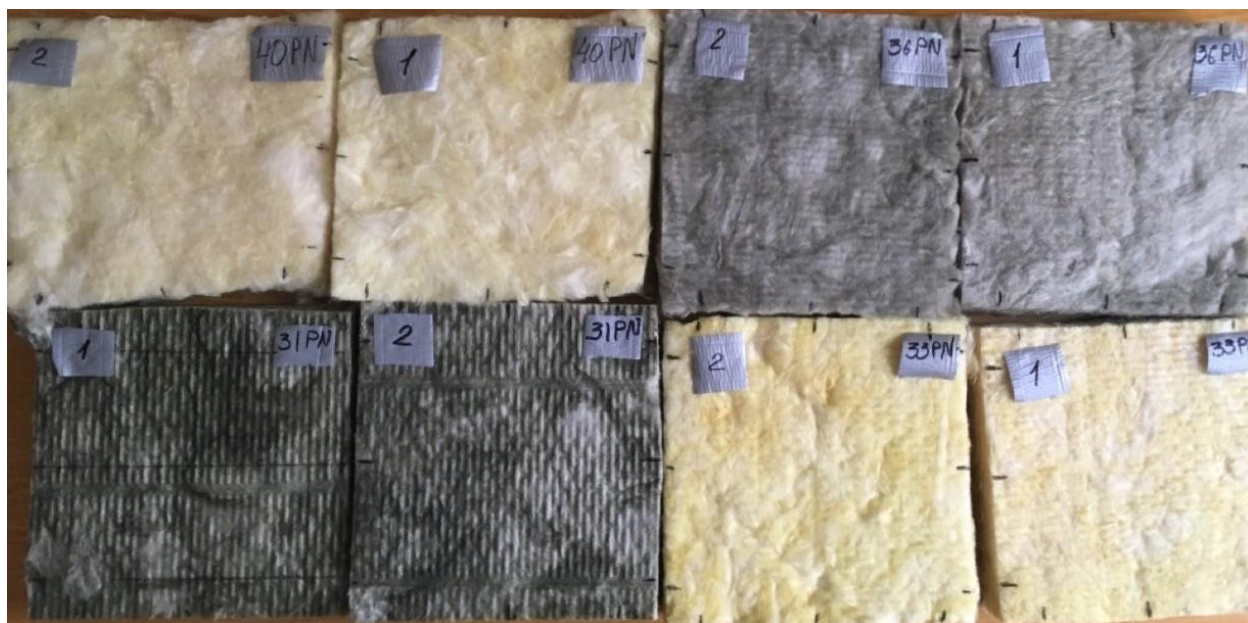


Рис. 1 Фото образцов минеральной изоляции, подготовленных для испытаний

Испытания проводились в климатической камере СМ 5/100-120 ТВО, температурный диапазон испытаний от +5 °С до +100 °С, диапазон установки относительной влажности воздуха от 40% до 95%. Для испытаний использовалась линейка измерительная с погрешностью 0,05 мм и штангенциркуль с погрешностью 0,05 мм, поверенные в установленном

порядке. На рис. 2 представлены образцы в климатической камере перед испытаниями.



Рис. 2 Фото образцов минеральной изоляции в климатической камере перед началом испытаний

При условиях кондиционирования при температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности воздуха $(50\pm 5)\%$ были определены:

- первоначальная длина и ширина образцов l_0 и b_0 в трех точках: l_1, l_2, l_3 и b_1, b_2, b_3 ;
- первоначальная толщина d_0 в пяти точках: d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 .

Измерения проводились согласно методике ГОСТ EN 1604-2011, как показано на рис. 3

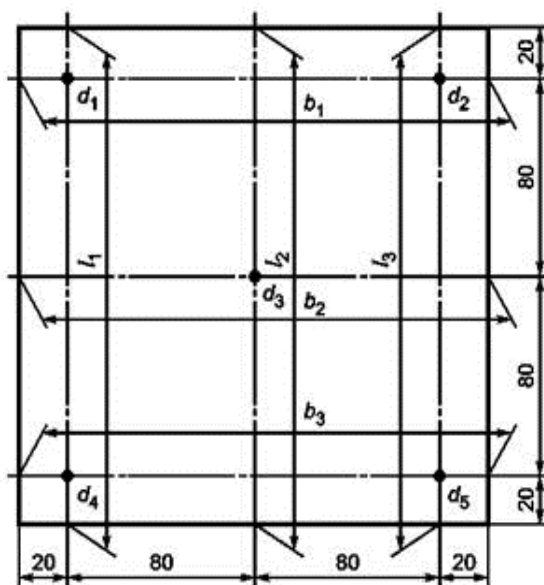


Рис. 3 Схема измерения размеров образцов

В табл. 1 представлены первоначальные размеры образцов до проведения испытаний для марок: URSA 31 PN, URSA 33 PN, URSA 36 PN, URSA 40 PN.

Таблица 1

Марка	Номер образца	Длина l_0 , мм			Ширина b_0 , мм			Толщина d_0 , мм				
		l_1	l_2	l_3	b_1	b_2	b_3	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
URSA 31 PN	1	243	244	243	246	246	248	47,3	47,2	48,4	50	49
	2	249	255	254	243	248	246	50	50	50,4	52	49,5
URSA 33 PN	1	241	240	240	245	247	246	50	50	50	50	50
	2	246	247	252	254	250	248	50	47	48,5	50	47
URSA 36 PN	1	255	254	255	250	248	247	53	47	51,5	53	53
	2	253	252	255	250	249	248	53	51	52,5	53	53
URSA 40 PN	1	235	239	240	261	262	254	50	50	50	50	50
	2	235	225	220	265	260	253	50	50	50	50	50

Размеры образцов после выдержки в течение 48 ч в климатической камере при температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности воздуха $(90 \pm 5)\%$ – l_t , b_t , d_t , измеренные в соответствующих начальной схеме точках, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Марка	Номер образца	Длина l_t , мм			Ширина b_t , мм			Толщина d_t , мм				
		l_1	l_2	l_3	b_1	b_2	b_3	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5
URSA 31 PN	1	243	244	243	246	246	248	47,3	47,2	48,4	50	49
	2	249	255	254	243	248	246	50	50	50,4	52	49,5
URSA 33 PN	1	241	240	240	245	247	246	50	50	50	50	50
	2	246	247	252	254	250	248	50	47	48,5	50	47
URSA 36 PN	1	255	254	255	250	248	247	53	47	51,5	53	53
	2	253	252	255	250	249	248	53	51	52,5	53	53
URSA 40 PN	1	235	239	240	261	262	254	50	50	50	50	50
	2	235	225	220	265	260	253	50	50	50	50	50

Среднеарифметические изменения размеров: длины – $\Delta\varepsilon_l$, %, ширины – $\Delta\varepsilon_b$, %, толщины – $\Delta\varepsilon_d$, %, образцов вычислялись, соответственно, по формулам:

$$\Delta\varepsilon_l = 100 \frac{l_t - l_0}{l_0}, \quad (1)$$

$$\Delta\varepsilon_b = 100 \frac{b_t - b_0}{b_0}, \quad (2)$$

$$\Delta\varepsilon_d = 100 \frac{d_t - d_0}{d_0}. \quad (3)$$

Среднеарифметические изменения размеров образцов после выдержки в течение 48 ч при температуре (23 ± 2) °С и относительной влажности воздуха $(90\pm 5)\%$ приведены в табл. 3.

Таблица 3

Марка	Время, ч	Температура, °С	Влажность, %	$\Delta\varepsilon_l$, %	$\Delta\varepsilon_b$, %	$\Delta\varepsilon_d$, %
URSA 44 RN, URSA 41 RN, URSA 40 RN, URSA 40 RAlu, URSA 37 RN, URSA 37 RAlu, URSA 35 RN, URSA 35 QN, URSA 34 RN, URSA 34 RAlu, URSA 40 PN, URSA 37 PN, URSA 36 PN, URSA 34 PN, URSA 34 PFB, URSA 33 PN, URSA 32 PN, URSA 32 PFB, URSA 32 PN ER, URSA 31 PN, URSA 31 PN ER	48	23±2	90±5	0	0	0

2. Определение прочности при растяжении параллельно лицевым поверхностям

Испытания проводились на изделиях из минеральной изоляции марок: URSA 44 RN, URSA 41 RN, URSA 40 RN, URSA 40 RAlu, URSA 40 PN, URSA 37 RN, URSA 37 RAlu, URSA 37 PN, URSA 36 PN, URSA 35 RN, URSA 35 QN, URSA 34 RN, URSA 34 RAlu, URSA 34 PN, URSA 34 PFB, URSA 33 PN, URSA 32 PN, URSA 32 PFB, URSA 32 PN ER, URSA 31 PN, URSA 31 PN ER, выпускаемой ООО «УРСА Евразия» по ТУ 23.99.19-016-71451657-2019, с 14-го октября по 13-е декабря 2019 г. Методика испытаний соответствовала ГОСТ EN 1608. Были подготовлены по 3 образца каждой из испытываемых марок с формой, соответствующей методике ГОСТ EN 1608, длиной 500 мм и толщиной, соответствующей толщине изделия.

Образец закреплялся в двух зажимах разрывной машины так, чтобы при испытании напряжение растяжения распределялось равномерно по площади поперечного сечения рабочего участка образца. Прикладывалась сила растяжения при постоянной скорости движения подвижного захвата до момента разрыва образца. Регистрировалось максимальное значение силы растяжения. Отмечалось место разрушения образца.

Прочность при растяжении изделий параллельно лицевым поверхностям σ_t , кПа, вычислялось по формуле:

$$\sigma_t = \frac{F_m}{d \cdot b}, \quad (4)$$

где F_m – зарегистрированное максимальное значение силы растяжения, кН;

d – толщина рабочего участка образца, мм;

b – ширина рабочего участка образца, мм.

За результат испытания одной марки изделий принималось среднеарифметическое значение результатов отдельных испытаний, округленное до второй значащей цифры.

В табл. 4 представлены полученные результаты испытаний прочности при растяжении изделий параллельно лицевым поверхностям.

Таблица 4

Марка	Номер образца	Ширина рабочего участка образца, b , мм	Толщина рабочего участка образца, d , мм	Максимальное значение силы растяжения, F_m , Н	Прочность при растяжении, σ_b , кПа	Среднее значение, σ_b , кПа
URSA 44 RN	1	155	50	33	4,26	<u>4,26</u>
	2	150	50	23	3,07	
	3	158	50	43	5,44	
URSA 40 RN	1	155	50	17	2,19	<u>2,56</u>
	2	162	50	18	2,22	
	3	165	50	27	3,27	
URSA 40 RAlu	1	151	50	244	32,32	<u>23,68</u>
	2	155	50	164	21,16	
	3	148	50	130	17,57	
URSA 40 PN	1	160	50	66	8,25	<u>7,17</u>
	2	156	50	25	3,21	
	3	155	50	78	10,06	
URSA 37 RN	1	160	50	20	2,50	<u>2,33</u>
	2	160	50	16	2,00	
	3	160	50	20	2,50	
URSA 37 RAlu	1	145	50	194	26,76	<u>24,36</u>
	2	152	50	163	21,45	
	3	152	50	189	24,87	
URSA 37 PN	1	150	50	83	11,07	<u>8,61</u>
	2	155	50	37	4,77	
	3	152	50	76	10,00	
URSA 36 PN	1	150	50	46	6,13	<u>5,38</u>
	2	150	50	42	5,60	
	3	150	50	33	4,40	
URSA 35 QN	1	160	150	143	5,96	<u>12,42</u>
	2	150	150	406	18,04	
	3	155	150	308	13,25	
URSA 34 RN	1	152	50	20	2,63	<u>3,53</u>
	2	150	50	31	4,13	
	3	152	50	29	3,82	
URSA 34 RAlu	1	152	50	244	32,11	<u>31,31</u>
	2	150	50	217	28,93	
	3	155	50	255	32,90	

URSA 34 PN	1	152	50	77	10,13	<u>9,31</u>
	2	155	50	65	8,39	
	3	153	50	72	9,41	
URSA 34 PFB	1	155	100	447	28,84	<u>31,48</u>
	2	150	100	500	33,33	
	3	150	100	484	32,27	
URSA 33 PN	1	152	52	103	13,03	<u>17,40</u>
	2	152	50	188	24,74	
	3	156	52	117	14,42	
URSA 31 PN	1	153	50	969	126,67	<u>114,54</u>
	2	155	49	852	112,18	
	3	155	50	812	104,77	
URSA 31 PN ER	1	155	50	1001	129,16	<u>117,41</u>
	2	156	50	862	110,51	
	3	156	50	878	112,56	
URSA 41 RN*						<u>не более 4,26</u>
URSA 35 RN*						<u>не более 2,33</u>
URSA 32 PN*						<u>не более 17,40</u>
URSA 32 PFB*						<u>не более 31,48</u>
URSA 32 PN ER*						<u>не более 17,40</u>

*) Получено аппроксимацией по результатам испытаний ближайшей (меньшей) марки по плотности.

3. Определение срока эффективной эксплуатации

Определение срока эффективной эксплуатации проводилось по методике ГОСТ Р 57418 для изделий из минеральной изоляции марок: URSA 44 RN, URSA 41 RN, URSA 40 RN, URSA 40 RA_{lu}, URSA 40 PN, URSA 37 RN, URSA 37 RA_{lu}, URSA 37 PN, URSA 36 PN, URSA 35 RN, URSA 35 QN, URSA 34 RN, URSA 34 RA_{lu}, URSA 34 PN, URSA 34 PFB, URSA 33 PN, URSA 32 PN, URSA 32 PFB, URSA 32 PN ER, URSA 31 PN, URSA 31 PN ER, выпускаемой ООО «УРСА Евразия» по ТУ 23.99.19-016-71451657-2019.

По анализу результатов ранее проведенных исследований теплофизических характеристик при моделировании условий эксплуатации испытанные марки были пронумерованы (или разбиты на группы) с соответствующими номерами от 1 до 7. Марки материалов, входящих в каждую группу, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Номер группы	Марки минераловатных материалов
1	URSA 40 RA _{lu} , URSA 42 RN, URSA 41 RN, URSA 40 RN
2	URSA 44 RN
3	URSA 37 RN, URSA 37 RA _{lu} , URSA 37 PN
4	URSA 34 PFB, URSA 35 QN, URSA 34 RN, URSA 34 RA _{lu}
5	URSA 34 PN
6	URSA 32 PN, URSA 32 PN ER, URSA 32 PFB
7	URSA 31 PN, URSA 31 PN ER

Анализ результатов для всех ранее испытанных марок показал, что теплопроводность в сухом состоянии материалов минераловатных теплоизоляционных производства ООО «УРСА Евразия» при моделировании условий эксплуатации увеличивается не более чем на 3% от результата контрольных испытаний либо вообще не увеличивается.

Согласно методике ГОСТ Р 57418 были построены зависимости термического сопротивления образцов ранее испытанных марок, R , ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$)/Вт от количества условных годовых циклов, N , год (рис. 4).

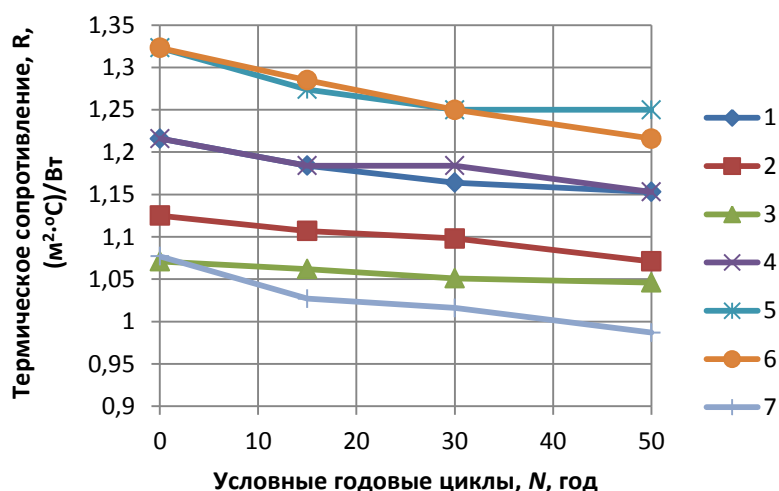


Рис. 4 Зависимость термического сопротивления образцов от условных годовых циклов

Для 4-х марок: URSA 31 PN, URSA 33 PN, URSA 36 PN, URSA 40 PN были проведены отдельные исследования теплофизических характеристик при моделировании условий эксплуатации по методике ГОСТ Р 57418. Осредненные результаты испытаний: контрольных, после 30, 60, 100 циклов замораживания и оттаивания (15, 30 и 50 условных годовых циклов) по определению теплопроводности образцов минеральной изоляции URSA этих марок представлены в табл. 6.

Таблица 6

	Теплопроводность в сухом состоянии, λ_{25} , Вт/(м·°С)			
	URSA 31 PN	URSA 33 PN	URSA 36 PN	URSA 40 PN
Контрольные испытания	0,031	0,035	0,036	0,041
Испытания после 30 циклов замораживания и оттаивания (15 условных годовых циклов)	0,031	0,035	0,036	0,041
Испытания после 60 циклов замораживания и оттаивания (30 условных годовых циклов)	0,032	0,035	0,036	0,041
Испытания после 100 циклов замораживания и оттаивания (50 условных годовых циклов)	0,032	0,035	0,038	0,041

Вид образцов минеральной изоляции URSA после 100 циклов замораживания и оттаивания (50 условных годовых циклов) в увлажненном состоянии до предельно допустимого значения влажности, последующей сушки и определения теплофизических характеристик представлен на рис. 5.



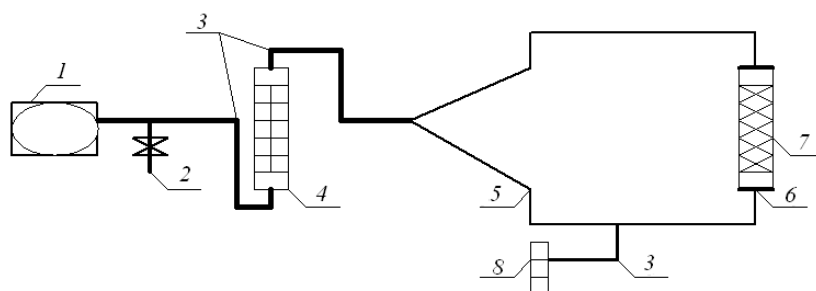
Рис. 5 Вид образцов минеральной изоляции URSA после испытаний

По результатам анализа проведенных исследований были определены расчетные сроки эксплуатации, N_p , год, при котором теплопроводность материалов увеличивается не более чем на 5 % относительно результатов контрольных испытаний, а термическое сопротивление образцов уменьшается не более чем на 10 %. Для всех групп материалов он составил 50 и более лет. Соответственно по методике ГОСТ Р 57418 срок эффективной эксплуатации N_e был приравнен к количеству проведенных условных годовых циклов испытаний N , т.е. к 50 годам.

4. Определение воздухопроницаемости и сопротивления воздухопроницанию

Испытания проводились на образцах изделий из минеральной изоляции марок URSA 37 PN, URSA 35 QN, URSA 34 PN, URSA 34 PFB, URSA 33 PN, URSA 32 PFB, URSA 31 PN. Сущность метода испытаний на воздухопроницаемость заключалась в измерении количества воздуха (плотности потока воздуха), G , кг/(м²·ч), проходящего через образец материала с известными геометрическими размерами, при последовательном создании заданных стационарных перепадов давления воздуха.

Схема испытательной установки для определения воздухопроницаемости приведена на рисунке 6.



1 – компрессор; 2 – регулирующая запорная арматура; 3 – шланги;
4 – расходомеры (ротаметры) воздуха; 5 – герметичная камера, обеспечивающая стационарный режим движения воздуха; 6 – приспособление для герметичного крепления образца; 7 – образец; 8 – манометр

Рис. 6 Схема испытательной установки для определения воздухопроницаемости

Испытания проводились на трех образцах каждой марки, представляющих собой квадратные пластины таких размеров, чтобы после закрепления в испытательной установке воздух проходил через сечение образца 200x200 мм. При помощи компрессора и регулирующей арматуры последовательно (ступенчато) создавались перепады давлений по обе стороны образца. Испытания начинались с перепада давления, ΔP , в 5 Па и затем с шагом 5 Па доводились до того момента, пока расходомер (ротаметр) воздуха не показывал максимальный для своего диапазона использования

расход воздуха (максимальный зафиксированный перепад давлений в серии экспериментов составил 50 Па).

По полученным экспериментальным данным производился расчет по методике ГОСТ 32493 коэффициента воздухопроницаемости материала, i , кг/[м·ч·(Па) ^{n}], и сопротивления воздухопроницанию образца материала, R_u , [м²·ч·(Па) ^{n}]/кг, входящих в уравнения фильтрации воздуха (5) и (6) соответственно:

$$G = i \frac{(\Delta P)^n}{\delta}, \quad (5)$$

$$G = \frac{(\Delta P)^n}{R_u}, \quad (6)$$

где ΔP – перепад давления, Па;

δ – толщина образца, м.

По зафиксированным значениям расхода воздуха при заданных перепадах давления (в зоне линейной зависимости расхода воздуха от перепада давления) по методике ГОСТ EN 29053 рассчитывалось сопротивление продуванию потоком воздуха (airflow resistance), R , (Па·с)/м³, удельное сопротивление потоку (airflow resistivity), r , (Па·с)/м², и воздухопроницаемость, l , м³/(Па·м·с), по формулам (7)-(9), соответственно:

$$R = \frac{\Delta P}{q_v}, \quad (7)$$

$$r = \frac{R_s}{\delta} = \frac{R \cdot A}{\delta}, \quad (8)$$

$$l = \frac{1}{r}, \quad (9)$$

где q_v – объемная скорость потока воздуха, проходящего через образец, м³/с;

R_s – удельное сопротивление продуванию потоком воздуха, (Па·с)/м;

A – площадь образца, м².

По результатам обработки экспериментальных данных получено, что для всех испытанных марок показатель режима фильтрации, n , примерно

одинаков и равен 1,25. В табл. 7 представлены найденные характеристики воздухопроницаемости для исследованных марок (для каждой марки данные получались путем осреднения результатов испытания на 3-х образцах).

Таблица 7

Марка	Коэффициент воздухопроницаемости, i , кг/[м·ч·(Па) ^{1,25}]	Сопротивление воздухопроницанию, R_u , [м ² ·ч·(Па) ^{1,25}]/кг	Сопротивление продуванию потоком воздуха, R x 10 ³ , (Па·с)/м ³	Удельное сопротивление потоку, r x 10 ³ , (Па·с)/м ²	Воздухопроницаемость, l x 10 ⁻⁶ , м ³ /(Па·м·с)
URSA 37 PN	0,279	0,761	14,5	11,3	88,6
URSA 35 QN	0,290	0,750	20,4	15,9	63
URSA 34 PN	0,278	0,759	14,9	11,6	86,1
URSA 34 PFB	0,174	0,840	15,1	11,8	85,1
URSA 33 PN	0,096	0,908	27,0	21,1	47,5
URSA 32 PFB	0,066	0,936	32,5	25,3	39,5
URSA 31 PN	0,060	0,942	30,6	23,9	41,9

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного комплекса исследований теплофизических характеристик изделий из минеральной изоляции производства ООО «УРСА Евразия», производимых по ТУ 23.99.19-016-71451657-2019, получены следующие результаты и выводы:

- испытанные марки успешно прошли испытания по методике ГОСТ EN 1604 «Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения стабильности размеров при заданной температуре и влажности»;
- для испытанных марок минеральной изоляции определена прочность при растяжении параллельно лицевым поверхностям по методике ГОСТ EN 1608 «Изделия теплоизоляционные, применяемые в строительстве. Метод определения прочности при растяжении параллельно лицевым поверхностям»;
- срок эффективной эксплуатации испытанных материалов составляет 50 лет согласно ГОСТ Р 57418 «Материалы и изделия минераловатные теплоизоляционные. Метод определения срока эффективной эксплуатации»;
- для испытанных марок определены коэффициент воздухопроницаемости и сопротивление воздухопроницанию по методике ГОСТ 32493 «Метод определения воздухопроницаемости и сопротивления воздухопроницанию», а также рассчитаны сопротивление продуванию потоком воздуха, удельное сопротивление потоку и воздухопроницаемость по методике ГОСТ EN 29053 «Материалы акустические. Методы определения сопротивления продуванию потоком воздуха».