

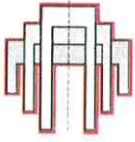
ООО • ЦНИИПРОМЗДАНИЙ •

127238, Москва, Дмитровское шоссе, дом 46, корпус 2 Тел.: (495) 482-4506; факс: (495) 482-4306
E-mail: cniipz@cniipz.ru, <http://www.cniipz.ru>

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**по результатам испытаний основания под
водоизоляционный ковер из теплоизоляционных плит
на пешеходную нагрузку по методике голландского
исследовательского института BDA**

Москва – 2015 г.



ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам испытаний основания под водоизоляционный ковер из теплоизоляционных плит на пешеходную нагрузку по методике голландского исследовательского института BDA

ОАО «ЦНИИПромзданий»

Зам. генерального директора
проф., заслуженный строитель РФ



 С.М. Гликин

« 28 » мая 2015 г.

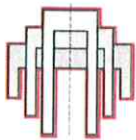
Руководитель отдела покрытий и кровель
канд. техн. наук, почетный строитель РФ

 А.М. Воронин

Зам. руководителя отдела покрытий и кровель
канд. техн. наук

 А.В. Пешкова

Москва – 2015 г.



ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа выполнена сотрудниками института ВДА в присутствии специалистов ОАО «ЦНИИПромзданий», являющимся членом саморегулируемой организации (СРО-П-013-15072009) по договору №М27. /2015 г. на базе института ВДА в г. Горингем, Нидерланды в период 20 – 24 апреля 2015 года.

Объектом исследования были три варианта теплоизоляционных плит, служивших основанием под водоизоляционный ковер из полимерных рулонных материалов. В качестве несущего элемента крыши служил элемент, имитирующий профилированный стальной оцинкованный настил.

Испытывались следующие варианты теплоизоляционные плиты:

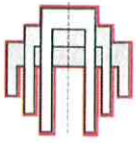
- плиты PIR с оболочками из фольги толщиной 100 мм с прочностью на сжатие 120 кПа;
- минераловатная плита (нижний слой) с прочностью на сжатие 30 кПа толщиной 50 мм и плита PIR (верхний слой) толщиной 80 мм с прочностью на сжатие 120 кПа;
- минераловатная плита (нижний слой) с прочностью на сжатие 30 кПа толщиной 110 мм и минераловатная плита (верхний слой) с прочностью на сжатие 60 кПа толщиной 40 мм.

Цель работы – определение физико-технического состояния плит теплоизоляции до и после циклов испытаний на пешеходную нагрузку и классификация по допустимому уровню пешеходной нагрузки при эксплуатации кровли.

1 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

1.1 Метод испытания на пешеходную нагрузку основания под водоизоляционный ковер (Marathon Man Test) был разработан голландским исследовательским институтом ВДА в 1995 году. В нем воссоздано пешеходное движение по теплоизоляции крыши с целью прогноза потенциальных повреждений при повторяющейся динамической точечной нагрузке от пешехода.

1.2 Испытания проводились на стенде Marathon Man, имитирующем повторяющуюся пешеходную нагрузку путем динамического циклического воздействия на теплоизоляцию посредством батареи из 16 цилиндров диаметром 80 мм, с толкателями воздействующими на тестируемый образец (Рисунок 1). Вначале на образец толкатели поочередно оказывали давление на образец в течение одного подцикла (16 толканий). С целью оказания максимально разрозненной нагрузки, после каждого подцикла тестируемый образец сдви-



гался относительно батареи поочередно вперед, назад, влево и вправо на расстояние, равное расстоянию между центрами соседствующих толкателей, либо половине этого расстояния (Рисунок 2).



Рисунок 1 Общий вид стенда Marathon Man батареи цилиндров с наклеенной подошвой обуви и толкателей стенда

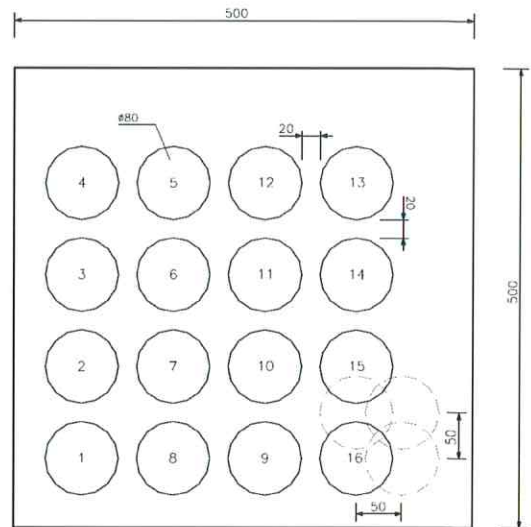


Рисунок 2 Схема расположения и перемещения цилиндров Marathon Man

1.3 Для создания максимально реалистичной нагрузки на теплоизоляцию, рабочая поверхность каждого толкателя, имеющего круглую форму, выполнена рельефным, то есть имитирующим наклеенную подошву обуви (Рисунок 1 и 3). Для предотвращения проскальзывания толкателей при оказании радиального усилия для подошвы обуви применен полиуретан с твердостью по Шору А равной 60.

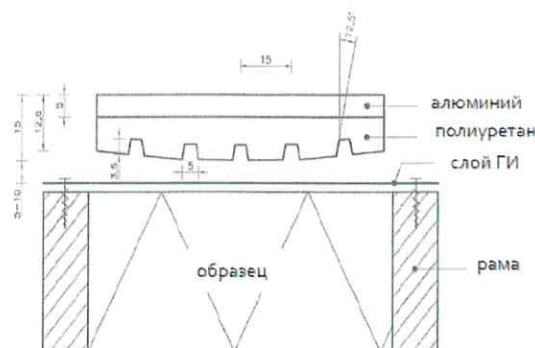
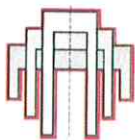


Рис. 2 Схема рабочей части цилиндра и расположения образца

1.5 При испытании в качестве пешеходной нагрузки, возникающей при периодическом хождении по теплоизоляции, был принят вес обутого человека равный 75 кг. Для имитации нагрузок, возникающих между подошвой и основанием, на испытываемый обра-



зец каждым толкателем прикладывается вертикальная нагрузка равная 750 Н, совмещенная с радиусной (скручивающей) нагрузкой – 250 Н (Рисунок 4).

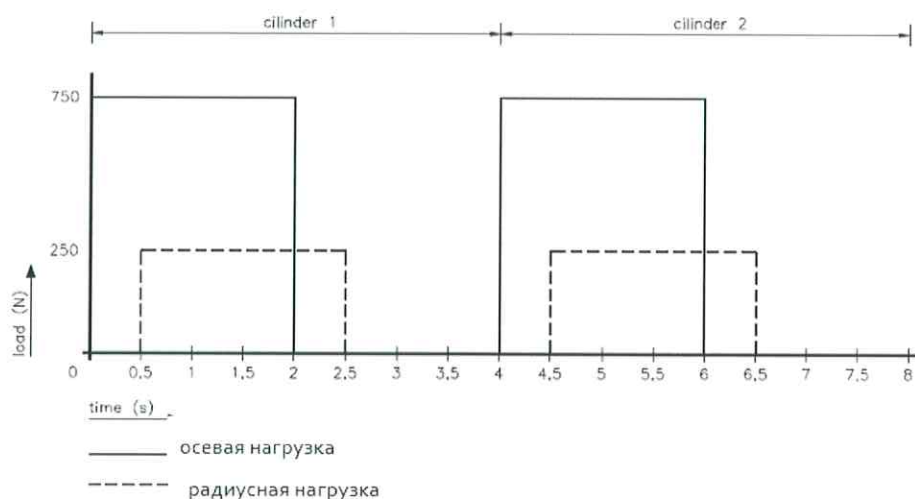


Рисунок 4 – Диаграмма распределения нагрузки

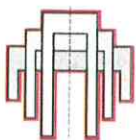
1.6 Испытания выполняются на образцах размером 600x600 мм. Образцы состоят из следующих слоев:

- несущий элемент, имитирующий поверхность профилированного настила;
- пароизоляцию из полиэтиленовой пленки;
- теплоизоляционный слой;
- полимерная мембрана, механически закрепленная к настилу.

1.7 В таблице 1 представлена классификация сопротивляемости пешеходной нагрузке конструкции крыши в условиях эксплуатации. Критерием пригодности (в соответствии с данными лаборатории ВДА) служит снижение сопротивляемости сжимающей нагрузке, которая должна быть не более 15%.

Таблица 1 – Классификация кровель по сопротивляемости пешеходной нагрузке

Класс	Количество циклов	Изменение прочности при 10% деформации до и после циклов	Сопротивляемость пешеходной нагрузке	Область применения
0	5	более 15 %	Отсутствует	Непригоден для кровель с пешеходными нагрузками
1	5	не более 15 %	Ограниченная	Пригоден для кровель с редкими пешеходными нагрузками при осмотре и ремонте
2	10	не более 15 %	Хорошая	Пригоден для периодической пешеходной нагрузки, возникающей при эксплуатации и ремонте оборудования на кровле
3	30	не более 15 %	Высокая	Пригоден для частой пешеходной нагрузки (при чистке снега, ежедневном обслуживании оборудования)



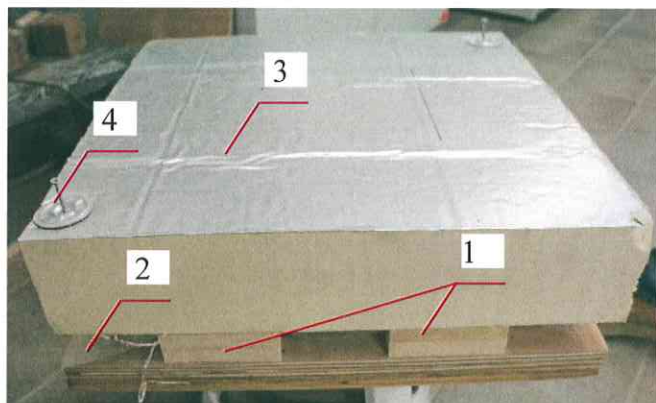
2 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

2.1 Для испытаний было выполнено три серии образцов крыши размером 600х600 мм. Каждая серия состояла из трех образцов. Были подготовлены следующие варианты кровельных систем:

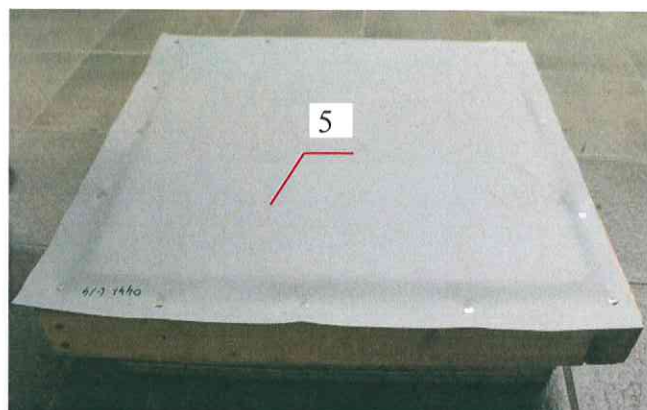
Вариант 1 (Рисунок 5):

- доски, имитирующий полки профилированного настила Н114-600;
- пароизоляция из полиэтиленовой пленки 0,2 мм;
- один слой теплоизоляции из PIR с оболочками из фольги общей толщиной 100 мм с прочностью на сжатие 120 кПа, механически закрепленное к настилу;
- полимерная мембрана 1,2 мм, механически закрепленная к деревянной раме.

а)



б)

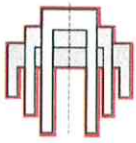


1 – доски, имитирующие полки стального профилированного настила; 2 – пароизоляция; 3 – плита PIR; 4 – крепежный элемент; 5 – полимерная ПВХ-мембрана
а – образец, состоящий из настила, пароизоляции и теплоизоляции;
б – образец с водоизоляционным ковром из ПВХ-мембраны

Рисунок 5 – Образец крыши с теплоизоляцией из плит PIR

Вариант 2 (Рисунок 6):

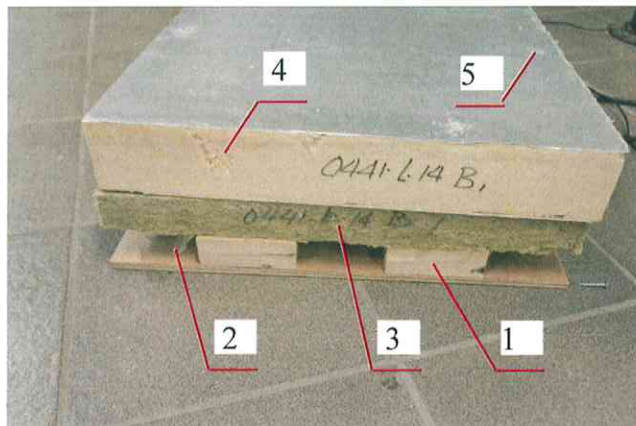
- доски, имитирующие полки профилированного настила Н114-600;
- пароизоляция из полиэтиленовой пленки 0,2 мм;
- теплоизоляция: нижний слой из минераловатной плиты с прочностью на сжатие 30 кПа толщиной 50 мм и верхний слой из PIR толщиной 80 мм с прочностью на сжатие 120 кПа, механически закрепленное к настилу;
- полимерная мембрана 1,2 мм, закрепленная к деревянной раме.



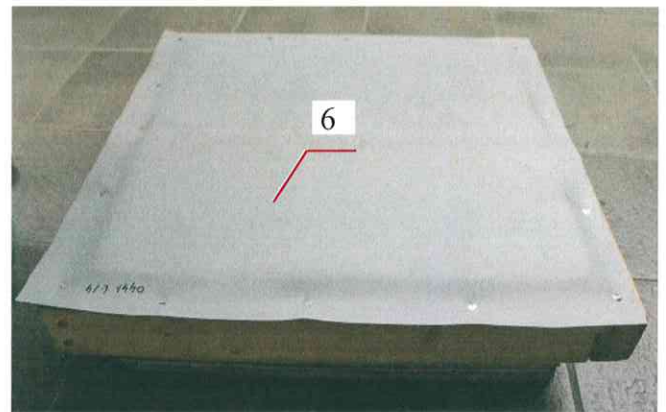
Вариант 3 (Рисунок 7):

- доски, имитирующие полки профилированного настила Н114-600;
- пароизоляция из полиэтиленовой пленки 0,2 мм;
- теплоизоляция: нижний слой из минераловатной плиты с прочностью на сжатие 30 кПа толщиной 110 мм и верхний слой из минераловатной плиты с прочностью на сжатие 60 кПа толщиной 40 мм, механически закрепленное к настилу;
- полимерная мембрана 1,2 мм, механически закрепленная к деревянной раме.

а)



б)



1 – доски, имитирующие полки стального профилированного настила; 2 – пароизоляция; 3 – минераловатная плита с прочностью на сжатие 30 кПа толщиной 50 мм; 4 – плита PIR толщиной 80 мм; 5 – крепежный элемент; 6 – полимерная ПВХ-мембрана

а – образец, состоящий из настила, пароизоляции и двух слоев теплоизоляции;

б – образец с водоизоляционным ковром из ПВХ-мембраны

Рисунок 6 – Образец крыши с теплоизоляцией из минераловатной плиты и плиты PIR

а)



б)

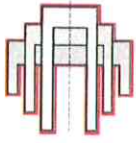


1 – доски, имитирующие полки стального профилированного настила;
2 – пароизоляция; 3 – минераловатная плита с прочностью на сжатие 30 кПа толщиной 110 мм; 4 – минераловатная плита с прочностью на сжатие 60 кПа толщиной 40 мм; 5 – полимерная ПВХ-мембрана

а – образец крыши, состоящий из настила, пароизоляции и двух слоев теплоизоляции;

б – образец крыши с водоизоляционным ковром из ПВХ-мембраны

Рисунок 7 – Образец крыши с теплоизоляцией из минераловатной плиты с разной прочностью на сжатие



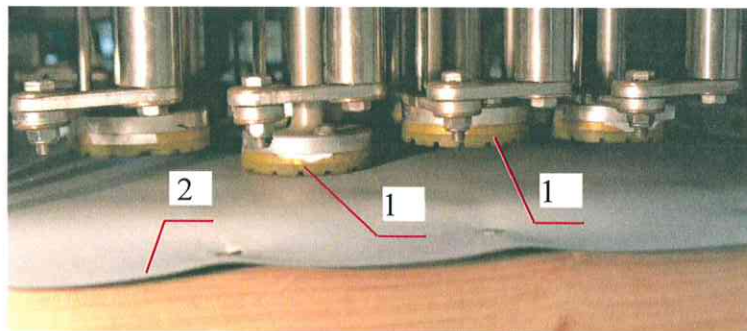
2.2 Перед испытаниями образцы выдерживались не менее 6 часов при температуре $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ и влажности воздуха $(50 \pm 5)\%$.

2.2 До проведения испытаний на циклическое воздействие пешеходной нагрузки образцы теплоизоляции по каждому варианту испытывали для определения исходного показателя прочности на сжатие при 10-% линейной деформации согласно EN 826:2013 – Thermal insulating products for building applications – Determination of compression behaviour.

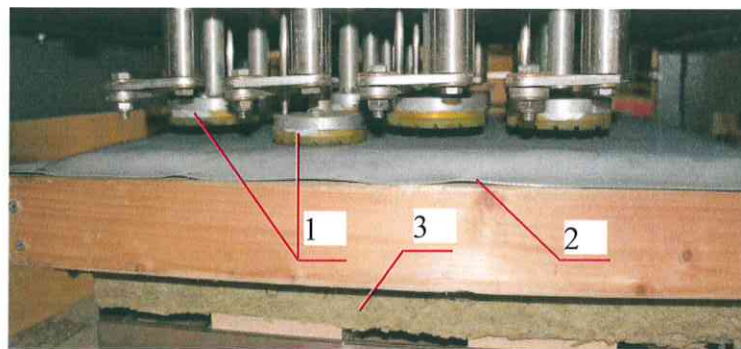
2.3 Подготовленные образцы (Рисунки 5 – 7) всех вариантов утепленной крыши устанавливали в аппарат для испытаний на пешеходную нагрузку по методу BDA MarathonManTest (Рисунок 1) и подвергали циклическому воздействию нагрузки (п. 1.5). После завершения установленного количества циклов (5, 10 или 30 циклов) из центра макета утепленной крыши вырезался образец размером 300 x 300 мм и испытывался на прочность при 10% деформации.

На рисунке 8 показаны образцы конструктивного решения крыши (варианты 1 и 2) в процессе циклического воздействия пешеходной нагрузки (около 30 циклов), а на рисунке 9 показан образец крыши (вариант 3) в процессе циклического воздействия пешеходной нагрузки (около 10 циклов).

а)

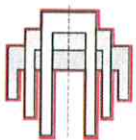


б)



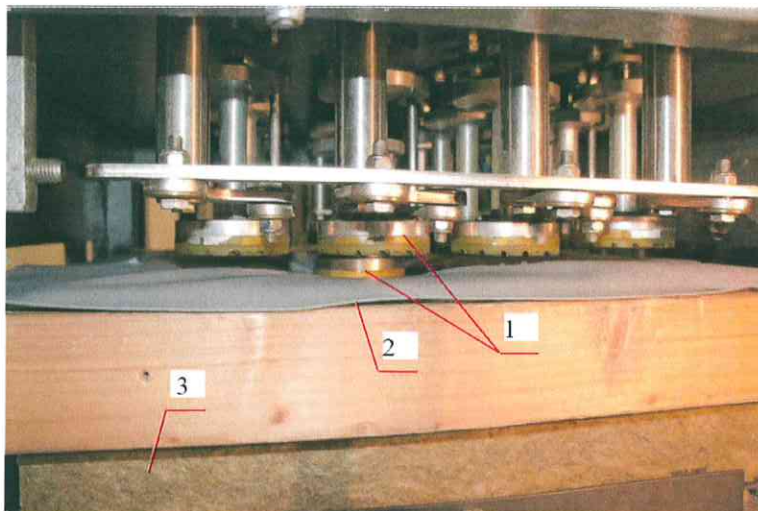
1 – головка цилиндра с полиуретановым покрытием, имитирующей подошву обуви; 2 – ПВХ-мембрана; 3 минераловатная плита с прочностью на сжатие 30 кПа
а – образец крыши (вариант 1); б – образец крыши (вариант 2)

Рисунок 8 – Образцы крыши (варианты 1 и 2) в процессе 30 циклов

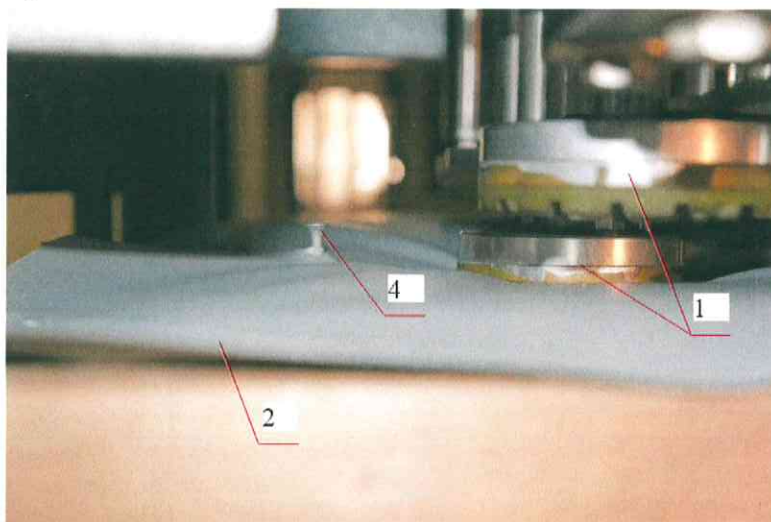


2.4 Из рисунка 8 видно, что после 30-ти циклов пешеходной нагрузки, то есть после 1920 «шагов», поверхность теплоизоляции PIR не изменилась: толкатель (позиция 1) не опускается ниже плоскости образца.

а)



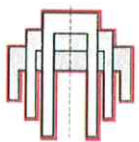
б)



1 – головка цилиндра с полиуретановым покрытием, имитирующей подошву ботинка; 2 – ПВХ-мембрана; 3 – минераловатная плита с прочностью на сжатие 30 кПа; 4 – крепежный элемент, прорвавший кровельный материал

Рисунок 9 – Образец крыши (вариант 3) в процессе 10 циклов воздействия пешеходной нагрузки

2.5 На рисунке 9 видно, что после 10 циклов воздействия пешеходной нагрузки, то есть после 640 «шагов» по минераловатной плите, поверхность значительно деформировалась (толкатель – позиция 1 – втопился в теплоизоляцию). На рисунке 9б видно, что, по причине сильного смятия утеплителя, шуруп крепления теплоизоляции прорвал кровельный материал.



2.6 После циклического воздействия пешеходной нагрузки образцы теплоизоляции по каждому варианту испытывали для определения показателя прочности на сжатие при 10-% линейной деформации. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 Результаты испытаний

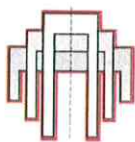
Номер образца	Количество циклов, шт	Толщина образца*, мм		Изменение толщины образца после испытаний*, %	Прочность на сжатие при 10-% линейной деформации*, кПа		Изменение прочности на сжатие после испытаний*, %
		исходная	после испытаний		исходная	после испытаний	
Вариант 1	30	101,9	101,6	0,29	167,59	169,55	+1,17
Вариант 2	30	130,6	129,7	0,69	49,44	50,18	+1,5
Вариант 3	10	150,5	149,5	0,66	32,31	25,83	-20,06

- * среднее значения для трех образцов

2.8 Результаты испытаний (таблица 2) показывают, что образцы вариантов 1 и 2 успешно выдержали испытания после 30 циклов воздействия пешеходной нагрузки: изменение прочности на сжатие не превышало 15%. В соответствии с данными таблицы 1 образцы вариантов крыши 1 и 2 имеют 3-й класс сопротивляемости пешеходной нагрузке и их можно применять в условиях эксплуатации с ежедневной пешеходной нагрузкой, возникающей при очистке снега, ежедневном обслуживании оборудования и проч.

Образцы по варианту 3 не выдержали 10 циклов испытаний (изменение прочности на сжатие превысило 15 %). Вариант 3 соответствует 1-му классу сопротивляемости пешеходной нагрузке и пригоден для крыш только с редкими пешеходными нагрузками, возникающими, например, при осмотре и текущем ремонте кровли.

Следует отметить, что испытания проводились на образцах в сухом состоянии. Намокание минераловатного утеплителя в процессе монтажа или при поврежденном пароизоляционном слое может привести к большому падению прочности и преждевременному выходу кровли из строя. Кроме того, представляет интерес стойкость других конструктивных решений кровельных систем к пешеходным нагрузкам, например, имеющих несколько слоёв гидроизоляционного материала.



3 ВЫВОДЫ

3.1 Образцы, выполненные по варианту 1 и 2, имеют 3-й класс сопротивляемости пешеходной нагрузке и их можно применять в условиях эксплуатации с пешеходной нагрузкой, возникающей при очистке снега, ежедневном обслуживании оборудования и проч.

3.2 Образцы варианта 3 соответствуют только 1-му классу сопротивляемости пешеходной нагрузке и пригодны для крыш только с редкими пешеходными нагрузками при осмотре и ремонте.

Список использованной литературы:

1. Hendriks, N.A. “The effect of moisture on the compressive strength and walkability of roofing insulation” (5th Global Insulation Conference, London, oct. 2010)
2. Kingspan: “A White paper – The Walkability of Rock Mineral Fibre Flat Roof Insulation”
3. “Thermal insulating products for roofs - Determination of the resistance to repetitive loading”, draft test method, BDA Keuringsinstituut B.V., 2001-08
4. PU Europe – Factsheet 3 Repetitive loads on flat roofs -Requirements for the insulation layer
5. BDA Test Institute: Test report 0441-L-14/1 22 May 2015 “PVC membrane 1,2 mm / PIR insulation 80 mm / PIR insulation 100 mm / MWR insulation 110 mm / MWR insulation 50 mm / MWR insulation 40 mm / vapour barrier 0,2 mm”