

ДЕФОРМАЦИЯ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ПЛИТ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Определяющими эксплуатационными показателями минераловатных материалов, используемых в вентилируемых стенах, является способность их обеспечивать теплозащитные качества в течение определенного периода времени. Поэтому в качестве основных критериев эксплуатационной стойкости минераловатных плит можно принять сохранность во времени их коэффициента теплопроводности и линейных размеров. В статье [1] приводятся результаты исследования влияния эксплуатационных факторов на коэффициент теплопроводности данного материала. Однако при проведении эксперимента была замечена деформация исследуемых образцов под влиянием циклических воздействий переменных температур и влаги.

Очевидно, что данное явление связано со структурой минераловатных плит, которую можно представить в виде модели (рис. 1), характеризующей объемно-напряженное состояние. В этой модели минераловатные волокна покоятся на «гуковских» элементах, расположенных таким образом, что каждое отдельное волокно (балочка) лежит на упругом основании и полностью на него опирается. Упругие элементы представляют собой места переплетения отдельных пространственно ориентированных волокон. Эти элементы точно и жестко соединены с продольными и поперечными волокнами. Они моделируют работу связующего: при деформациях сжимаются, растягиваются, изгибаются и сопротивляются передаче усилий к соседним волокнам.

С учетом вышеизложенного проведено исследование влияния температурно-влажностного воздействия на изменение линейных размеров минераловатных плит горизонтально-слоистой структуры ЗАО «Изорок» (г. Тамбов) плотностью 74 и 156 кг/м³.

Так как минераловатные плиты обладают анизотропными свойствами, в исследовании изучалось изменение линейных размеров по толщине Δh , % (функция $Y_{\Delta h}$), ширине Δa , % (функция $Y_{\Delta a}$) и длине Δb , % (функция $Y_{\Delta b}$) образцов минераловатных плит в зависимости от числа циклов n (фактор X) чередующегося температурно-влажностного воздействия.

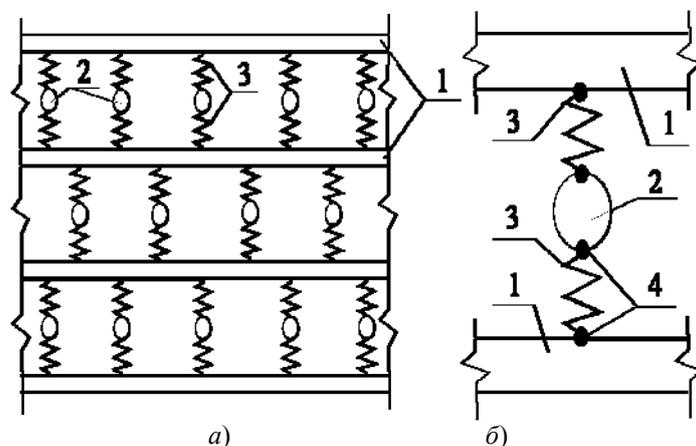


Рис. 1. Модель минераловатной плиты горизонтально-слоистой структуры [2]:

a – схема модели; *b* – элементарное звено структуры;
1, 2 – волокна; 3 – упругие элементы; 4 – жесткое точечное
соединение упругих элементов с волокнами

Изменение линейных размеров образцов в эксперименте определялось по формулам:

$$\Delta h = (h_1/h_2) \cdot 100 \% ; \quad \Delta a = (a_1/a_2) \cdot 100 \% ; \quad \Delta b = (b_1/b_2) \cdot 100 \% ,$$

где h_1 , a_1 , b_1 – соответственно толщина, ширина и длина образца, высушенного до постоянной массы после циклических воздействий эксплуатационных факторов, мм; h_2 , a_2 , b_2 – то же, до испытаний на эксплуатационную стойкость.

Моделирование температурно-влажностного воздействия производилось по методике, описанной в статье [1].

По результатам эксперимента для образцов минераловатных плит обеих плотностей построены регрессионные модели (табл. 1).

Интерпретация результатов эксперимента выполнена на основании построенных моделей (табл. 1) и графиков (рис. 2). При построении графиков, кроме шкалы циклов чередующегося температурно-влажностного воздействия, нанесена шкала условного периода эксплуатации в годах, которая была получена делением соответствующего числа циклов на 3 в соответствии с обоснованием, приведенным в работе [3].

Наиболее сильные деформации образцов минераловатных плит имели место по их толщине. Так, толщина $\hat{Y}_{\Delta h 150}$ образцов плотностью 156 кг/м³ увеличилась на 24 %, а при плотности 74 кг/м³ увеличение $\hat{Y}_{\Delta h 75}$ составило 43 %.

Из рис. 2 видно, что изменение толщины минераловатных плит во время их эксплуатации может происходить в два этапа: сначала имеет место набухание, потом усадка. При этом в минераловатных плитах плотностью 74 кг/м³ процесс набухания останавливается после 16 условных лет эксплуатации, а в плитах плотностью 156 кг/м³ – после 30.

1. Регрессионные модели изменения линейных размеров минераловатных плит в зависимости от циклического температурно-влажностного воздействия

Изменение линейных размеров \hat{Y}	Первоначальная плотность минераловатной плиты	
	$\gamma = 74 \text{ кг/м}^3$	$\gamma = 156 \text{ кг/м}^3$
По толщине	$\hat{Y}_{\Delta h 75} = 142,08 + 11,02X - 22,75X^2 + 7,88X^3$ (1)	$\hat{Y}_{\Delta h 150} = 123 + 4,17X - 13,24X^2 + 3,61X^3$ (4)
По ширине	$\hat{Y}_{\Delta a 75} = 98,13 - 1,69X$ (2)	$\hat{Y}_{\Delta a 150} = 99,69 - 0,92X$ (5)
По длине	$\hat{Y}_{\Delta b 75} = 98,76 - 1,34X$ (3)	–

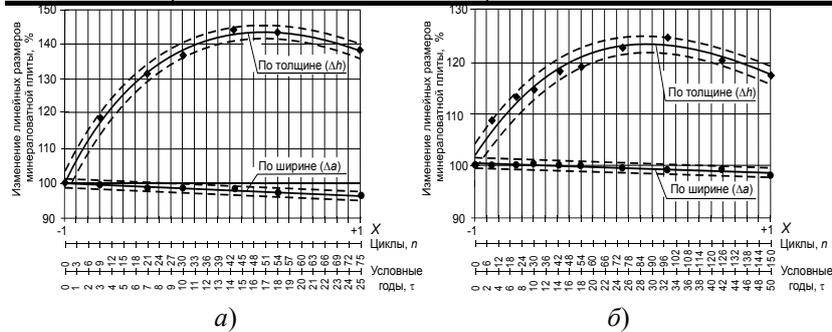


Рис. 2. Изменение линейных размеров Δh и Δa , %, образцов минераловатных плит исходной плотности 74 кг/м^3 (а) и 156 кг/м^3 (б) в зависимости от числа циклов l и температурно-влажностного воздействия

Очевидно, что на первом этапе циклического температурно-влажностного воздействия происходит разрушение связующего, т.е. замерзающая вода раздвигает минераловатные волокна и разрыхляет утеплитель. Для второго этапа характерен процесс незначительной усадки плит по толщине, что связано с разрушением уже не связующего, а самих волокон.

Изменения линейных размеров образцов по длине и ширине ($\hat{Y}_{\Delta a}$ и $\hat{Y}_{\Delta b}$) оказались практически одинаковыми. Это можно объяснить тем, что при производстве минераловатных плит в камерах волокноосаждения минеральные волокна в горизонтальных слоях укладываются с ориентацией под разными углами друг к другу, т.е. с множественным пересечением между собой. При этом процентное соотношение волокон различной ориентации в горизонтальных слоях принимается приблизительно одинаковым.

Линейные размеры образцов по ширине и длине $\hat{Y}_{\Delta a}$, $\hat{Y}_{\Delta b}$ в результате циклического температурно-влажностного воздействия изменяются по линейной зависимости. С увеличением числа циклов наблюдается усадка образцов. Более плотные образцы слабее изменяют свои размеры. Так, при плотности утеплителя 156 кг/м^3 усадка образцов после 150 циклов воздействия составила 1 %, а при плотности материала 74 кг/м^3 после 75 циклов – 3...4 %.

Полученные результаты позволяют утверждать, что во многослойной наружной стене изменение линейных размеров минераловатных плит может привести к существенному понижению ее теплозащитных качеств в связи с образованием «мостиков холода». Это произойдет в результате того, что после 25 условных лет эксплуатации при размерах теплоизоляционных плит $1000 \times 500 \times 50 \text{ мм}$ швы между соседними плитами при их плотности 74 кг/м^3 могут раскрыться на 20...40 мм, а при плотности 156 кг/м^3 – на 5...10 мм.

Отрицательное воздействие на эксплуатационные показатели стен может оказывать не только усадка минераловатных плит по длине и ширине, но и набухание их по толщине. Если принять толщину теплоизоляционного слоя в наружных стенах с вентилируемым фасадом равной 100 мм, то нетрудно заметить, что после 16 условных лет эксплуатации вентилируемая воздушная прослойка стены, утепленной плитами плотности 74 кг/м^3 , может уменьшиться на 43 мм. При утеплении плитами плотности 156 кг/м^3 после 28 условных лет эксплуатации эта прослойка уменьшится на 24 мм. Сокращение толщины воздушной прослойки может существенно ослабить вентиляцию и процесс удаления влаги из утеплителя.

Результаты исследования убеждают, что при конструировании ограждающих конструкций вентилируемых стен без учета возможных процессов усадки и набухания минераловатного утеплителя можно получить конструкции с существенно заниженными эксплуатационными качествами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев, Б.В. Теплопроводность минераловатных плит в условиях эксплуатационных воздействий / Б.В. Гусев, В.А. Езерский, П.В. Монастырев // Промышленное и гражданское строительство. – 2005. – № 1. – С. 48–49.
2. Бобров, Ю.Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов / Ю.Л. Бобров. – М.: Стройиздат, 1987. – 168 с.
3. К вопросу о стойкости пенопластов и волокнистых утеплителей в ограждающих конструкциях зданий / В.Р. Хлевчук, И.В. Бессонов, И.А. Румянцева и др. // Сб. докл. / Научно-исследовательский институт строительной физики. – М., 2001. – С. 255 – 258.