

УДК 692.232

# Оценка влияния атмосферных воздействий на прочностные и упругие характеристики минераловатных плит в системах утепления стен

**Вячеслав Николаевич ЧЕРНОИВАН**, кандидат технических наук, профессор, e-mail: vnchernoiwan@list.ru

**Николай Вячеславович ЧЕРНОИВАН**, кандидат технических наук, доцент, e-mail: chernoivan@inbox.ru

**Анна Вячеславовна ЧЕРНОИВАН**, кандидат технических наук, доцент, e-mail: bel\_anna@list.ru

УО «Брестский государственный технический университет», Республика Беларусь, 224013 Брест, ул. Московская, 267

**Аннотация.** Установлено, что применяемые в легких штукатурных системах минераловатные плиты обладают хорошими теплотехническими характеристиками и высокими, по сравнению с беспрессовым пенополистиролом и пеностеклом, значениями коэффициента паропроницаемости. Обосновано, что использование связующего на основе фенолоформальдегидной смолы позволяет рассматривать минераловатные плиты как полимерный материал. Выполнен анализ технического состояния минераловатных плит в конструкции легкой штукатурной системы. Дана оценка влияния температурно-влажностных воздействий на прочностные характеристики связующего на основе фенолоформальдегидных смол. Проведены лабораторные испытания образцов плит, прошедших экспонирование на открытом воздухе. Полученные результаты показали, что при эксплуатации минераловатных плит в конструкции легкой штукатурной системы происходит деструкция связующего на основе фенолоформальдегидной смолы и, как следствие этого, плотность материала уменьшается на 20 %, а прочностные характеристики плит снижаются почти на 50 %. Рекомендовано при проектировании таких систем с использованием минераловатных плит при назначении расчетных пределов прочности и модулей упругости теплоизоляционного материала учитывать их снижение от атмосферных и силовых воздействий.

**Ключевые слова:** минераловатные плиты, связующее на основе фенолоформальдегидной смолы, экспонирование на открытом воздухе, атмосферные воздействия, легкая штукатурная система.

## EVALUATION OF INFLUENCE OF ATMOSPHERIC IMPACTS ON STRENGTH AND ELASTIC PROPERTIES OF MINERAL WOOL BOARDS IN WALL INSULATION SYSTEMS

**Vyacheslav N. CHERNOIVAN**, e-mail: vnchernoiwan@list.ru, **Nikolay V. CHERNOIVAN**, e-mail: chernoivan@inbox.ru

**Anna V. CHERNOIVAN**, e-mail: bel\_anna@list.ru

Brest State Technical University, ul. Moskovskaya, 267, Brest 224013, Republic of Belarus

**Abstract.** It is established that mineral wool boards used in light plaster systems have good thermal characteristics and high values of vapor permeability coefficient comparing with non-pressed foam polystyrene and foam glass. It is proved that the use of a binder on the basis of phenol-formaldehyde resin makes it possible to consider mineral wool boards as a polymeric material. The analysis of technical conditions of mineral wool boards in the structure of the light plaster system is made. The evaluation of the influence of temperature-humidity impacts on the strength characteristics of the binder on the basis of phenol-formaldehyde resins is made. The procedure has been developed and laboratory tests of samples of boards exposed to the open air have been conducted. The results obtained show that during the use of mineral wool boards in the structure of the light plaster system, the destruction of the binder on the basis of phenol-formaldehyde resins takes place and, as result, the material density is diminished by 20 % and strength characteristics of boards decrease by almost 50 %. It is recommended, when designing such systems with the use of mineral wool board and assigning the calculation limits of strength and elastic modules, to take into account their decrease due to atmospheric and force impacts.

**Key words:** mineral wool boards, binding agent based on phenol-formaldehyde resin, exposure to open air, atmospheric impacts, light plaster system.

Легкая штукатурная система (ЛШС), благодаря простоте конструктивного решения и хорошо отработанной технологии производства работ по ее устройству, наиболее широко применяется для тепловой изоляции наружных стен эксплуатируемых зданий в Республике Беларусь

[1]. При выполнении тепловой изоляции наружных стен почти 80 % общего объема используемых плитных утеплителей составляют минераловатные плиты. Вызвано это тем, что минераловатные плиты, изготовленные на основе каменной ваты, представляют собой негорючий материал,

позволяющий применять их без ограничения практически для всех зданий и сооружений. Хорошие теплотехнические характеристики, например коэффициент теплопроводности, составляющий 0,035–0,045 Вт/(м·К), и высокие по сравнению с пенополистиролом и пеностеклом,

значения коэффициента паропроницаемости — 0,47—0,56 мг/(м·ч·Па) обусловили их массовое применение в легких штукатурных системах [2].

Минераловатные плиты изготавливают из волокон каменной ваты и связующего на основе фенолоформальдегидной смолы. Использование фенолоформальдегидной смолы продиктовано ее высокой огнестойкостью и низкой стоимостью, а связующее на ее основе составляет более 5 % объема минераловатных плит, что позволяет рассматривать их как полимерный материал.

В процессе эксплуатации данной конструкции в минераловатных плитах, благодаря их низкому сопротивлению паропроницанию, в течение отопительного периода происходит накопление влаги за счет паров воздуха, поступающих из помещений [1].

Учитывая, что все полимеры под действием температуры, кислорода, воды подвержены деструкции (разрушению молекул) оценка влияния атмосферных воздействий на прочностные и упругие характеристики минераловатных плит, используемых в легких штукатурных системах, — актуальная задача.

Анализ конструктивного решения ЛШС [1] и строительных норм их проектирования (ТКП 45-3.02-113-2009 «Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования») позволяет сделать вывод, что минераловатные плиты на протяжении всего периода эксплуатации зданий подвергаются комплексу атмосферных (температура, влажность) и силовых воздействий (ветер, собственная масса тепловой изоляции).

С целью разработки методики, позволяющей обеспечить получение достоверных результатов планируемых исследований, был выполнен анализ техниче-

ского состояния минераловатных плит в конструкции ЛШС и проведена оценка влияния на них атмосферных воздействий.

Исследованиями установлено, что прочностные характеристики фенолоформальдегидных смол при повышении температуры с 20 до 60 °С снижаются на 20—25 % [3]. Процесс деструкции фенолоформальдегидных смол существенно ускоряется при эксплуатации в условиях повышенной влажности [4, 5].

В этой связи можно предположить, что процесс деструкции минераловатных плит, эксплуатируемых в ЛШС, протекает следующим образом. При воздействии солнечных лучей на декоративно-защитный слой ЛШС (май—август) минераловатные плиты существенно нагреваются, в результате чего возрастает интенсивность фильтрации водяного пара, за счет воды накопившейся в слое теплоизоляции за отопительный период. Повышение температуры (до 60 °С на наружной поверхности плит) приводит к существенному ослаблению межмолекулярных связей фенолоформальдегидного связующего, а интенсивно фильтрующийся через поперечное сечение минераловатных плит водяной пар активно вымывает связующее. Таким образом, количество связующего в материале уменьшается, что, очевидно, приведет к снижению прочностных и упругих характеристик минераловатных плит.

Очевидно, что вымывание связующего на основе фенолоформальдегидной смолы — основная причина того, что циклическое замораживание—оттаивание представляет собой наиболее тяжелое атмосферное воздействие для минераловатных плит [6, 7].

Анализ публикаций [4, 6] позволяет сделать вывод, что приоритетом проводимых исследований по оценке влияния комплекса атмосферных воздействий

на эксплуатационные характеристики минераловатных плит являются их теплофизические характеристики, а прочностные и упругие характеристики практически не исследуются.

При проектировании конструкции ЛШС наряду с теплотехническими расчетами выполняются расчеты напряженно-деформированного состояния теплоизоляционных материалов, оценка влияния комплекса атмосферных воздействий на расчетные значения модуля упругости и предела прочности материала минераловатных плит с учетом длительности срока их эксплуатации.

Атмосферным воздействиям присущи значительные колебания (суточные, месячные, годовые), которые описываются по закону случайного распределения, в связи с чем смоделировать их в лабораторных условиях в настоящее время практически невозможно. Исследования, выполненные А. К. Цветковым [8] показали, что смоделировать их нельзя также ни силовыми, ни циклическими приложениями нагрузки. Поэтому объективную оценку влияния атмосферных воздействий на прочностные и упругие характеристики минераловатных плит по результатам лабораторных испытаний образцов можно получить только в случае, если лабораторные образцы будут изготовлены из утеплителя ЛШС, проходящих павильонные исследования. Однако, поскольку павильонные исследования зданий и сооружений с утепленными стенами ни в одном из государств СНГ из-за их высокой стоимости не проводятся, для корректного решения поставленной задачи авторами статьи была разработана методика оценки влияния сезонных температурно-влажностных воздействий на прочностные и упругие характеристики минераловатных плит.

В качестве базы при разработке методики были использованы исследования [8] и нормативные документы по методам испытаний строительных теплоизоляционных изделий, в которых оценка влияния атмосферных воздействий на прочностные и упругие характеристики полимерных материалов выполняется по итогам лабораторных испытаний образцов, изготовленных из материала, прошедшего длительное экспонирование на открытом воздухе.

Четыре минераловатные плиты производства ОАО «Гомельстройматериалы» были размещены на кровле частного жилого дома в г. Бресте. Экспонирование на открытом воздухе двух плит продолжалось шесть месяцев (июнь–ноябрь), а двух других плит – семь месяцев (июнь–декабрь). Четыре плиты из этой же партии в заводской упаковке (полиэтиленовая пленка) до начала лабораторных испытаний хранились в отапливаемом помещении.

Сразу по завершении экспонирования минераловатных плит на открытом воздухе из них были изготовлены и испытаны лабораторные образцы (типы 1 и 2). Испытания образцов, изготовленных из плит, хранившихся в отапливаемом помещении, были проведены через шесть и семь месяцев (типы 3 и 4). Результаты их испытаний были приняты в качестве контрольных.

Для всех типов образцов согласно ГОСТ 17177–94 «Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний» были определены пределы прочности при сжатии и изги-

бе, а также плотность материала минераловатных плит.

Учитывая фактическое напряженно-деформированное состояние минераловатных плит в эксплуатируемой ЛШС (местное смятие плит под анкерами от собственной массы конструкции) были выполнены лабораторные испытания образцов всех типов для определения модуля упругости при изгибе и предела прочности при местном смятии. Все лабораторные испытания проводились на прессе марки ИР-5145-500-11, который позволяет фиксировать горизонтальные деформации с точностью до 0,01 мм.

Анализ результатов исследований прочностных характеристик материала показал, что минераловатные плиты ОАО «Гомельстройматериалы» отличаются стабильностью – величина предела прочности при сжатии, изгибе и местном смятии для каждого типа образцов отличается не более чем на 12,5 %.

Экспонирование минераловатных плит на открытом воздухе привело к снижению величины предела прочности при сжатии, изгибе, местном смятии более чем на 45 %.

Модуль упругости плит, прошедших экспонирование на открытом воздухе, снизился незначительно – около 12 %.

Следует отметить, что при зафиксированном коэффициенте сжимаемости 0,7–0,73 у образцов типов 1 и 2 видимых дефектов (нарушения целостности структуры плит) не выявлено.

Плотность минераловатных плит, экспонированных на от-

крытом воздухе шесть и семь месяцев, снизилась на одну и ту же величину – почти на 20 %.

### Выводы

1. Исследования показали, что под влиянием комплекса атмосферных воздействий плотность минераловатных плит уменьшается и, как следствие этого, снижаются прочностные и упругие характеристики материала. Установлено, что после экспонирования на открытом воздухе плотность минераловатных плит производства ОАО «Гомельстройматериалы» уменьшилась почти на 20 %, а прочностные характеристики снизились более, чем на 45 %.

2. Учитывая эксплуатационные характеристики исходных материалов, используемых для изготовления минераловатных плит (волокна каменной ваты и связующее на основе фенолоформальдегидной смолы), можно сделать вывод, что снижение плотности (прочности) плит вызвано термохимической деструкцией – ослаблением межмолекулярных связей фенолоформальдегидного связующего при солнечном нагреве поверхности плит и его вымыванием парами воды, удерживаемой в материале теплоизоляции.

3. Рекомендуется при проектировании легких штукатурных систем с использованием плитного утеплителя со связующим на основе фенолоформальдегидной смолы при назначении расчетных пределов прочности и расчетных модулей упругости учитывать их снижение от комплекса атмосферных воздействий.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Черноиван В. Н., Новосельцев В. Г., Черноиван Н. В. Техническое состояние конструктивных слоев утепленных наружных стен эксплуатируемых зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 4. С. 48–50.
2. URL: <http://www.aoagsm.by/?q=ru/product/>

[beltep-fasad-t-beltep-fasad-beltep-fasad-12-beltep-fasad-15.html](http://beltep-fasad-t-beltep-fasad-beltep-fasad-12-beltep-fasad-15.html) (дата обращения: 23.12.2016).

3. Пособие по физико-механическим характеристикам строительных пенопластов и сотовых плит. М.: Стройиздат, 1977. 79 с.



4. Ратнер С. Б., Ярцев В. П. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? М. : Химия. 1992. 320 с.
5. Tomaš Vrana. Impact of moisture on long term performance of insulating products based on stone wool [Влияние влажности на эксплуатационную надежность изоляционных изделий на основе каменной ваты]. Stockholm: KTH – The Royal Institute of Technology. School of Architecture and the Built Environment, 2007. 62 p.
6. Ярцев В. П., Мамонтов А. А., Мамонтов С. А. Влияние внешних воздействий на теплофизические и длительные механические свойства минераловатных плит // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2014. № 1. С. 125–134.
7. Смирнова Т. В. Повышение эксплуатационной стойкости минераловатных изделий комбинированной плотности за счет оптимизации параметров формирования и тепловой обработки минераловатного ковра. М. : МГСУ. 2015. 184 с.
8. Цветков А. К. Исследование влияния температурно-влажностных воздействий на изменение внутренних напряжений в клееных деревянных конструкциях. М. : ЦНИИСК, 1977. 163 с.

## REFERENCES

1. Chernoiivan V. N., Novoseltsev V. G., Chernoiivan N. V. Technical condition of constructive layers of thermo-insulated external walls of maintained buildings. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2014, no. 4, pp. 48–50. (In Russian).
2. Available at: <http://www.oaogsm.by/?q=ru/product/beltep-fasad-t-beltep-fasad-beltep-fasad-12-beltep-fasad-15.html>. (accessed 23.12.2016).
3. *Posobie po fiziko-mekhanicheskim kharakteristikam stroitel'nykh penoplastov i sotoplastov* [The manual on physicommechanical performances of building polyfoams and honeycomb plastics]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1977. 79 p. (In Russian).
4. Ratner S. B., Yarcev V. P. *Fizicheskaya mekhanika plastmass. Kak prognoziryuyut rabotosposobnost?* [Physical mechanics of plastics. How to predict performance?] Moscow, Himiya Publ., 1992. 320 p. (In Russian).
5. Tomaš Vrana. *Impact of moisture on long term performance of insulating products based on stone wool*. Stockholm: KTH – The Royal Institute of Technology. School of Architecture and the Built Environment, 2007. 62 p.
6. Yarcev V. P., Mamontov A. A., Mamontov S. A. The influence of external factors on thermo-physical and continual mechanical properties of mineral wool boards. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo*, 2014, no. 1, pp. 125–134. (In Russian).
7. Smirnova T. V. *Increase of operational resistance of mineral wool products of combined density at the result of optimizing of foaming parameters and heat processing of mineral wool mat*. Moscow, MGSU Publ., 2015. 184 p. (In Russian).
8. Tsvetkov A. K. *Agency examination temperature and humidity impacts on a modification of internal stresses in glued wood structures*. Moscow, TSNIISK Publ., 1977. 163 p. (In Russian).

Для цитирования: Черноиван В. Н., Черноиван Н. В., Черноиван А. В. Оценка влияния атмосферных воздействий на прочностные и упругие характеристики минераловатных плит в системах утепления стен // Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 101–104.

For citation: Chernoiivan V. N., Chernoiivan N. V., Chernoiivan A. V. Evaluation of influence of atmospheric impacts on strength and elastic properties of mineral wool boards in wall insulation systems. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2017, no. 1, pp. 101–104. (In Russian). ■

ЖУРНАЛ «ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО» ИНДЕКСИРУЮТ:

НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА  
**eLIBRARY.RU**

Russian Science Citation  
Index (RSCI) на платформе  
Web of Science

**ULRICHSWEB™**  
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

САЙТ ЖУРНАЛА «ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»: [www.pgs1923.ru](http://www.pgs1923.ru)