

2. DSTU EN ISO 11611:2016. Odjag zahysnyj dlja vykorystannja pid chas zvarjuvannja ta sumizhnyh procesiv. Kyi'v : DP "UkrNDNC", 2016. 22 s.
3. DSTU EN ISO 20471:2016. Odjag pidvyshhenoi' vydymosti. Metody vyprobuvannja ta vymogy. Kyi'v : DP "UkrNDNC", 2016. 22 s.
4. DSTU EN ISO 14116:2016. Odjag zahysnyj. Zahyst vid polum'ja. mate-rialy, pakety materialiv ta odjag, shho obmezhujuť poshyrennja polum'ja. Kyi'v : DP "UkrNDNC", 2016. 15 s.
5. DSTU EN 15614:2016. Odjag zahysnyj dlja pozhezhnykiv. Laboratorni metody vyprobuvannja ta tehniczni vymogy do odjagu dlja gasinnja pozhezh na terytorijah iz g'runtovo-roslynnym pokryvom. Kyi'v : DP "UkrNDNC", 2016. 22 s.
6. Tehnicznyj reglament zasobiv individual'nogo zahystu. URL : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/761-2008-%D0%BF>.
7. DSTU ISO 3758:2005. Materialy tekstyl'ni. Markuvannja symvolamy shhodo dogljadu. Kyi'v : Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny, 2007. 15 s.
8. DSTU ISO 7000:2004. Grafichni symvoly, shho i'h vykorystovujut' na ustatkuvanni. Pokazhchyk ta ogljad. Kyi'v : Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny, 2006. 235 s.
9. ISO 7000:2014 Graphical symbols for use on equipment – Registered symbols. URL : <https://www.iso.org/standard/65977.html>.
10. Pro zatverdzhennja moduliv ocinky vidpovidnosti, jaki vykorystovujut'sja dlja rozroblennja procedur ocinky vidpovidnosti, ta pravyl vykorystannja moduliv ocinky vidpovidnosti. URL : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/95-2016-%D0%BF>.

УДК 666.635.017

Олена ПАЛІЄНКО

ОЦІНКА МОРОЗОСТІЙКОСТІ КЕРАМІЧНОЇ ПЛИТКИ

Запропоновано методика дискретного виміру величини залишкового розширення керамічного черепка після циклічного заморожування й відтавання. Наведено зміни величини залишкового розширення плиток із різною пористою структурою залежно від тривалості їх випробування на морозостійкість.

Ключові слова: керамічний черепок, морозостійкість, дискретний вимір, водопоглинання, вологісне розширення.

Палиенко Е. Оценка морозостойкости керамической плитки. Предложена методика дискретного измерения остаточного расширения керамического черепка после циклического замораживания и оттаивания. Приведены изменения величины остаточного расширения плиток с различной пористой структурой в зависимости от продолжительности их испытания на морозостойкость.

Ключевые слова: керамический черепок, морозостойкость, дискретное измерение, водопоглощение, влажностное расширение.

Постановка проблеми. Існує багато різних причин руйнування пористих керамічних будівельних матеріалів під час експлуатації в атмосферних умовах. У своїх роботах А. С. Беркман, И. Г. Мельникова, I. H. Van der Velden, И. Л. Яновський, В. С. Радюхин довели, що головною з них є замерзання води в керамічних виробках за низьких температур [1–4]. Водночас виникають напруження розтягу, залежно від величини яких розміри плитки збільшуються унаслідок розширення керамічного черепка під дією льоду. При підвищенні температури вода перетворюється з твердого стану в рідкий, що викликає зняття напружень розтягу і призводить до пружного стиснення плитки. Однак до своїх початкових розмірів виробки переважно не повертаються [5]. Напруження розтягу, викликані утворенням льоду, можуть призводити до руйнування керамічного черепка, що обумовлює виникнення так званого залишкового розширення при заморожуванні. Відомо [6], що незворотні зміни пористої структури плиток, які використовують для облицювання фасадів будівель, призводять до руйнування виробів. У зв'язку з цим можна припустити, що зміна величини залишкового розширення після заморожування характеризуватиме ступінь руйнування структури плиток керамічних напівсухого пресування групи В₁ з водопоглинанням від 0.5 до 3 %.

Мета роботи – дослідження зміни лінійних розмірів керамічних плиток із різною пористою структурою під час випробування на морозостійкість.

Матеріали та методи. Визначення величини залишкового розширення після заморожування протягом одного циклу випробування зазвичай проводять дилатометричним способом, який потребує установки складної конструкції. Саме тому в роботі застосовано методикку дискретного виміру величини залишкового розширення після циклічного заморожування й відтавання з використанням оптичного компаратора *Nikon V-12B*. Цей прилад застосовано для вимірювання відстані між реперними точками, які нанесено на поверхню плитки.

Керамічні плитки насичували водою при капілярному підсосі протягом 24, 48, 96, 192 год. Потім піддавали їх циклічному заморожуванню й відтаванню згідно з ДСТУ Б В.2.7-283:2011 "Плитки керамічні. Методи випробувань" [7]. Через кожні 25 циклів заморожування й відтавання проведено повторні вимірювання відстані між реперними точками.

Під час дослідження за цією методикою дані про величини залишкового розширення після заморожування й вологісного розширення черепка при його водонасиченні й циклічному заморожуванні та відтаванні накладаються один на другий. Саме тому враховано частку вологісного розширення при оцінці величини залишкового розширення після заморожування. Визначення величини вологісного розширення проведено за методикою, аналогічною методиці визна-

чення величини залишкового розширення при заморожуванні. Періодичність повторних замірів становила 24 год.

Для проведення дослідження використано неглазуровані плитки шихтового складу, зазначеного в *табл. 1*, із застосуванням каолінів Чубинського та Немильнянського родовищ [8]. Досліджувані керамічні плитки були приблизно з однаковим значенням водопоглинання й мали бездефектну структуру.

Таблиця 1

Шихтовий склад досліджувальних мас, %

Код маси	Матеріал					
	глина ВГТ	глина ДНПК-1	каолін чубинський	каолін немильнянський	нефіліновий-сієніт	перліт
1.1	15	10	30	30	10	5
2.1	15	15	25	23	15	7
3.1	20	15	20	25	15	5

Фізико-технічні характеристики готових виробів визначено згідно з ДСТУ Б В.2.7-283:2011 "Плитки керамічні. Методи випробувань" [7] і представлено в *табл. 2*.

Таблиця 2

Фізико-технічні властивості неглазурованих плиток

Код маси	Технологічні параметри		Показник			
	Тиск пресування, МПа	Температура випалу, °С	Водопоглинання, %	Межа міцності при згині, МПа	Вологісне розширення, %	Морозостійкість, цикл
1.1	17.5	1125	2.9	27.6	0.1	80
2.1	25.4	1110	2.5	28.5	0.22	75
3.1	37.8	1050	3.0	35.1	0.3	75

Результати дослідження. Результати вимірювання величини вологісного розширення статистично оброблено. У *табл. 3* наведено середнє значення величини відстані між реперними точками X , середнє квадратичне відхилення σ_x і коефіцієнт варіації V .

Таблиця 3

Зміна величини вологісного розширення керамічних плиток

Код маси	Час насичення, год											
	24			48			96			192		
	X	σ_x	V	X	σ_x	V	X	σ_x	V	X	σ_x	V
1.1	-0.025	0.005	20.0	-0.015	0.002	13.3	0.006	0.002	33.3	0.008	0.005	16.8
2.1	-0.042	0.010	23.8	-0.011	0.002	18.2	0.041	0.009	21.9	0.043	0.009	22.9
3.1	-0.064	0.021	32.8	-0.018	0.005	27.7	0.101	0.034	35.7	0.101	0.029	32.0

Характер зміни лінійних розмірів досліджених керамічних плиток при їх водонасиченні й подальшому заморожуванні та відтаванні представлено на *рис. 1* і *2*. Час безперервного водонасичення збігається з часом дії води в рідкій фазі при проведенні циклів заморожування й відтавання з точністю до 5 %. У початковий період насичення відбувається деяке стиснення плиток, а потім розширення. Причому величина вологісного розширення значно менше в плиток, отриманих при питомому тиску пресування 17.5 МПа і випалених за температури 1125 °С, ніж у плиток, отриманих при питомому тиску пресування 37.8 МПа і за температури випалу 1050 °С.

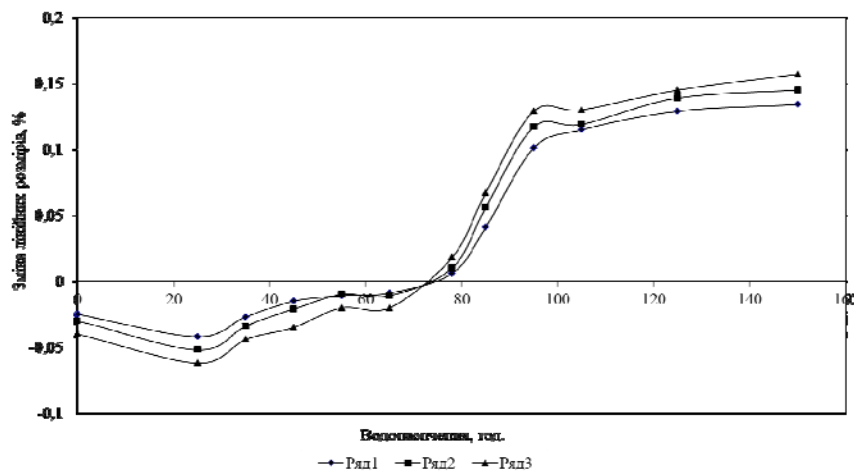


Рис. 1. Зміна лінійних розмірів водонасичених керамічних плиток, отриманих при питомому тиску, МПа, і за температури, °С: 1 – 17.5 і 1125; 2 – 25 і 1110; 3 – 37.8 і 1050

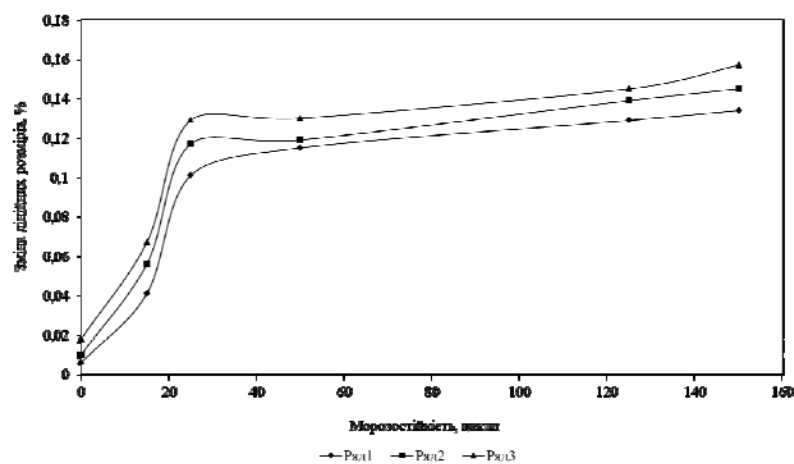


Рис. 2. Зміна лінійних розмірів при циклічному заморожуванні й відтаванні керамічних плиток, отриманих при питомому тиску, МПа, і за температури, °С: 1 – 17.5 і 1125; 2 – 25 і 1110; 3 – 37.8 і 1050

Відмінність показників вологісного розширення плиток пояснюється їх фазовим складом і пористою структурою. Криві залишкового розширення характеризують руйнування структури кераміки після певної кількості циклів заморожування і відтавання. Для плиток, відпресованих при питомому тиску пресування 2.5 МПа і випалених за температури 1130 °С, пориста структура характеризується широким інтервалом розподілу пор за розмірами з переважанням великих пор і капілярів і значним обсягом резервної пористості [5]. При фазовому перетворенні води в лід така пориста структура сприяє релаксації виникаючих у черепку насиченим водою напружень розтягу. Структура керамічних плиток при багаторазовому циклічному заморожуванні й відтаванні змінюється незначно, а виріб загалом характеризується підвищеною морозостійкістю. Зміна величини залишкового розширення після заморожування плиток з описаною вище пористою структурою незначна (рис. 3).

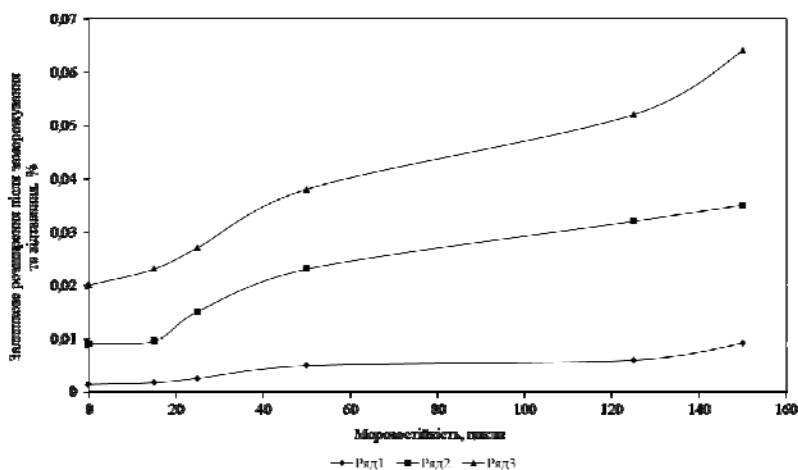


Рис. 3. Зміна величини залишкового розширення після заморожування і відтавання керамічних плиток, отриманих при питомому тиску, МПа, і температури, °С: 1 – 17.5 і 1125; 2 – 25 і 1110; 3 – 37.8 і 1050

Із підвищенням питомого тиску пресування й зниження температури випалювання керамічних плиток істотно змінюється їх пориста структура. Звужується інтервал розподілу пор за розмірами, в якому переважними стають дрібні пори й капіляри, змінюється об'єм резервної пористості [5]. Це призводить до значного збільшення величини напружень розтягу в структурі кераміки й швидкого її руйнування. Величина залишкового розширення після циклічного заморожування й відтавання різко зростає.

Висновки. Запропонована методика вимірювання величини вологісного й залишкового розширення після заморожування уможливорює оцінити внесок кожної складової в збільшення розміру плиток при циклічному заморожуванні й відтаванні.

Установлено, що стан вологісного розширення по абсолютній величині значно менший залишкового розширення після заморожування. У міру збільшення циклів заморожування й відтавання відмінність у показниках цих властивостей зростає. Підвищення температури випалу при зниженні питомого тиску пресування значно знижує залишкове розширення після заморожування, що приводить до зростання морозостійкості керамічних плиток, які використовують для облицювання фасадів будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Беркман А. С., Мельникова И. Г. Структура и морозостойкость стеновых материалов. Ленинград : Госстройиздат, 1962. 30 с.
2. Van I. H., der Velden. Wasserabsorbtion von Bankeramik. Ziegel-industrie international. 2001. N 12. S. 704—714.
3. Яновский И. Л. Повышение морозостойкости кирпича и черепицы. Строительные материалы. 1997. № 7. С. 31.
4. Радюхин В. С. О влиянии пористо-капиллярной структуры литых глазурованных плиток на их морозостойкость. Исследования в области сырья и производства керамических изделий : сб. науч. тр. М. : ГНИИСК, 1997. Вып. 43. С. 133—143.
5. Гальперина М. К., Егерев В. М. Взаимосвязь пористо-капиллярной структуры и морозостойкости фасадных керамических плиток. Исследования в области производства изделий строительной керамики : сб. науч. тр. М. : ГНИИСК, 1984. Вып. 55. С. 5—15.
6. Коркин В. И., Солнышкина Т. Н. О влажностном расширении и цекоустойчивости плиток для внутренней облицовки стен. Исследования в области интенсификации технологических процессов, использования новых видов сырья и расширения ассортимента керамических изделий : сб. науч. тр. М. : ГНИИСК, 1992. С. 103—108.
7. ДСТУ Б В.2.7-283:2011. Плитки керамічні. Методи випробувань. Київ : НДБМВ, 2011. 66 с.
8. Палиенко Е. А. Изучение микроструктуры каолинов Чубинского и Немьлянского месторождений. Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка : наук.-техн. зб. Київ : Знання, 2014. Вип. 53. С. 109—114.

Стаття надійшла до редакції 23.11.2017.

Paliienko O. Frost resistance assessment of ceramic tiles.

Background. There are different points of view on the causes of the destruction of porous ceramic building materials in the process of operation in atmospheric conditions. Scientists dealing with this problem believe that the main cause of the destruction is the freezing of water in ceramic products at negative temperatures [1–4], with the appearance of strain pressure, depending on the size of which the tile increases in volume due to the expansion of the ceramic shingle under the action of ice.

In this regard, we assume that the change in the size of the residual expansion after freezing will, to some extent, characterize the destruction degree of the structure of ceramic tiles.

Material and methods. Unglazed tiles with approximately the same value of water absorption were taken for the study.

In the given work methods used discrete measurement value of the residual expansion after cyclical freezing and thawing of the optical comparator Nikon V-12B.

Results. The method of discrete measurement of the residual expansion of a ceramic potsherd after cyclic freezing and thawing is proposed. The character of the change in the size of the residual expansion of the tiles with different porous structure, depending on the duration of their frost resistant test, has been demonstrated.

Conclusion. The proposed method for measuring the values of moist expansion and residual expansion after freezing allows estimating the contribution of each component to increasing the size of the tiles during cyclic freezing and thawing.

It was established that the state of moist expansion in absolute value is much less than the residual expansion after freezing. As the freezing and thawing cycles increase, the difference in the values of these properties increases.

Increasing the temperature of the firing at the reduction of the specific pressure of pressing significantly reduces the residual expansion after freezing, which leads to increased frost resistance of ceramic tiles, which are used for revetting the facades of buildings.

Keywords: ceramic potsherd, frost resistance, discrete measurement, water absorption, humid expansion.

REFERENCES

1. *Berkman A. S., Mel'nykova Y. G.* Struktura y morozostojkost' stenovyih materyalov. Leningrad : Gosstrojzdat, 1962. 30 s.
2. *Van I. H., der Velden.* Wasserabsorbition von Bankeramik. Ziegel-industrie international. 2001. N 12. S. 704—714.
3. *Janovskij Y. L.* Povyshenye morozostojkosti kyrpycha y cherepycyi. Stroytel'nyye materyaly. 1997. № 7. С. 31.
4. *Radjuhyn V. S.* O vlyjanii porysto-kapyl'jarnoj struktury lytyih glazu-rovannyih plytok na yh morozostojkost'. Yssledovaniya v oblasti syr'ja y proyzvodstva keramycheskyh yzdelyj : sb. nauch. tr. M. : GNYYSK, 1997. Vyp. 43. S. 133—143.
5. *Gal'peryna M. K., Egerev V. M.* Vzaymosvjaz' porysto-kapyl'jarnoj struktury y morozostojkosti fasadnyih keramycheskyh plytok. Yssledovaniya v oblasti proyzvodstva yzdelyj stroytel'noj keramyky : sb. nauch. tr. M. : GNYYSK, 1984. Vyp. 55. С. 5—15.
6. *Korkyn V. Y., Solnyshkyna T. N.* O vlazhnostnom rasshyrenii y cekou-stojchivosti plytok dlja vnutrennej oblycovky sten. Yssledovaniya v oblasti yntensyfykacii tehnologicheskikh processov, yspol'zovaniya novyih vydov syr'ja y rasshyreniya assortymenta keramycheskyh yzdelyj : sb. nauch. tr. M. : GNYYSK, 1992. S. 103—108.
7. DSTU B V.2.7-283:2011. Plytky keramichni. Metody vyprobuvan'. Kyi'v : NDIBMV, 2011. 66 s.
8. *Palyenko E. A.* Yzuchenye mikrostruktury kaolynov Chubynskogo y Nemyl'njanskogo mestorozhdenij. Budivel'ni materialy, vyroby ta sanitarna tehnika : nauk.-tehn. zb. Kyi'v : Znannja, 2014. Vyp. 53. S. 109—114.