

**СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Потерщук, В.А. Пути дальнейшего энергосбережения в жилых зданиях. Белорусский строительный рынок. –1998. – № 5. – С. 2–3.
2. ТКП 45-3.02-113-2009 (02250). Тепловая изоляция наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитект РБ., 2009. – 37 с.
3. ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. – Мн.: Минстройархитект РБ., 2007. – 32 с.
4. Измеритель теплового потока ИПП-2. Руководство по эксплуатации и паспорт. ТФАП. 405126.003РЭиПС. Предприятие ЭАО «ЭКСИС», г. Москва. – 16 с.
5. Васильев, Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1957. – 210 с.
6. Оценка технического состояния строительных конструкций здания яслей-сада №14 по ул. Дзержинского, 78 в г. Кобрине: Отчет х/д № 07/283/ УО «БрГТУ», 2007. – 89 с.
7. Техническое состояние строительных конструкций здания общежития на пл. Ленина, 4 в г. Кобрине. Отчет х/д № 05/145/ УО «БрГТУ», 2007. – 52 с.
8. Техническое обследование строительных конструкций здания средней школы в осях «1 -15», «А - И» в д. Остромичи Кобринского района. Отчет х/д № 06/187/ УО «БрГТУ», 2006. – 73 с.
9. СНиП 3.03.01-87. Правила производства и приемки работ. Несущие ограждающие конструкции. – М.: Стройиздат, 1987. – 56 с.
10. Разработка рекомендаций по утеплению кирпичных стен эксплуатируемых зданий и сооружений с учетом фактического сопротивления теплопередаче наружного ограждения: научно-технический отчет по г/б (№ госрегистрации 2008596) / УО «БрГТУ», 2010. – 29 с.
11. ГОСТ 7025. Кирпич и камни керамические и силикатные. Методы определения водопоглощения и контроля морозостойкости. – М.: Государственный строительный комитет СССР, 1991. – 17 с.
12. Франчук, А.У. Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов. – М.: Госстрой СССР, НИИСФ, 1969. – 144 с.
13. Щекин, Р.Н. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. – Ч.1. – Киев, Будивельник, 1976. – 416 с.

*Материал поступил в редакцию 11.04.11*

**CHERNOIVAN V.N., NOVOSELTSEV V.G., CHERNOIVAN N.V., SEDLYAR U.A. To calculating the transmission resistance of unplastered walls of maintained buildings**

The method for calculating the transmission resistance of unplastered walls of maintained buildings is presented in the paper.

УДК 666.71/.72

**Никитин В.И., Бацкель-Бжозовска В.**

**ОБ ОЦЕНКЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ИЗДЕЛИЙ СТЕНОВОЙ КЕРАМИКИ**

**Введение.** Многочисленные и непрекращающиеся дискуссии в среде создателей новых польских норм, согласованных с европейскими нормами (типа PN-EN), и производителей строительных изделий показывают, что эти нормы ещё далеки от совершенства и их использование на практике вызывает большие сомнения. Эта проблематика актуальна и для Беларуси, которая заинтересована согласовывать свои нормы с европейскими. Нормы PN-EN далеки от совершенства вероятно потому, что при создании европейских норм(EN) сталкиваются различные взгляды и подходы многих государств, участвующих в процессе европейской стандартизации и находящихся на различном технологическом уровне. До сих пор не завершена работа по созданию европейской нормы, касающейся исследований морозостойкости изделий стеновой керамики. В такой ситуации согласно нормы PN-EN 771-1:2005 морозостойкость изделий стеновой керамики необходимо декларировать в зависимости от климатических условий и места их использования в наружных стенах на основе испытаний методами, описанными в национальных нормах.

В данной работе проанализирована новая польская норма PN-B-12012, касающаяся оценки морозостойкости изделий стеновой керамики и связанная с требованиями для этих изделий, содержащимися в норме PN-EN 771-1. Показано, что критерии, используемые в норме PN-B-12012 для оценки морозостойкости изделий стеновой керамики, могут приводить к ошибочным выводам. На основе анализа данных о кинетике снижения прочности водонасыщенного керамического материала при замораживании и оттаивании и верификации выдвинутых статических гипотез предложен более гибкий критерий оценки морозостойкости изделий стеновой керамики, позволяющий уменьшить вероятность ошибочного вывода.

**Оценка морозостойкости изделий стеновой керамики СОГЛАСНО НОРМЫ PN-B-12012.** В соответствии с нормой PN-EN 771-1:2005 для изделий стеновой керамики HD (англ. High Density), к которым относятся все изделия, предназначенные для стен, не защищённых от проникания воды, а также изделия плотностью брутто

в сухом состоянии выше 1000 кг/м<sup>3</sup>, используемые в защищённых от воды стенах, следует декларировать морозостойкость.

В Польше до 2007 года исследования морозостойкости изделий стеновой керамики выполнялись по методике, представленной в норме PN-70/B-12016 «Изделия строительной керамики. Технические исследования». В декабре 2007 года Польский Комитет Стандартизации ввёл в действие норму PN-B-12012 «Методы исследования стеновых изделий. Определение морозостойкости изделий стеновой керамики». Эта норма не заменяет нормы PN-70/B-12016, а лишь уточняет условия циклических морозных воздействий и критерии оценки морозостойкости, а также учитывает требования нормы PN-EN771-1 в отношении стеновых изделий.

Для проведения испытаний на морозостойкость в рамках предварительного изучения типоразмера или независимой оценки поставок, а также заводского контроля из партии объёмом не более 200 м<sup>3</sup> случайным образом отбирается 2*n* изделий, из которых *n* изделий испытывается на морозостойкость, а остальные *n* изделий (контрольных) предусмотрены для возможного сравнительного исследования прочности на сжатие. При проведении заводского контроля *n*=6, а в остальных упомянутых случаях *n*=10. Чтобы 2*n* элементная выборка из партии (поставки) была случайной, необходимо руководствоваться правилами отбора выборки, описанными в норме PN-EN 771-1:2005 (приложение А).

Для фасадных изделий нормой PN-B-12012 предусмотрено выполнение не менее 25 циклов замораживания и оттаивания, а для не фасадных изделий не менее 20 циклов. После реализации установленного числа циклов замораживания и оттаивания осуществляется внешний осмотр каждого изделия с целью выявления возможных повреждений на его поверхностях. Виды повреждений, их допустимые размеры и число определены нормой PN-B-12012. Эти повреждения можно рассматривать в качестве первого и, возможно, основного критерия оценки морозостойкости изделий стеновой керамики.

*Никитин Вадим Иванович, доктор технических наук, профессор Политехники Белостоцкой, Польша.*

*Бацкель-Бжозовска Беата, кандидат технических наук Политехники Белостоцкой, Польша.*

Если ни на одном из изделий не появились повреждения, связанные с циклическими морозными воздействиями, то изделия рассмотренной партии следует считать морозостойкими. Если хотя бы на одном из изделий выборки появились повреждения, превышающие допустимые значения, то изделия данной партии считаются неморозостойкими. В обоих случаях сравнительные испытания на прочность при сжатии не проводятся.

Сравнительная оценка прочности выполняется только в том случае, когда, по крайней мере, на одном из испытанных на морозостойкость изделий появились повреждения, характеризующиеся как не превышающие допустимого уровня. Подготовка и испытания изделий в элементных выборках должны выполняться по методике, представленной в нормe PN-EN 772-1 «Методы исследования стеновых изделий. Часть 1: Определение прочности на сжатие». По результатам выборочных испытаний определяется среднее арифметическое значение прочности изделий после циклического замораживания и оттаивания  $\bar{f}_{BZ}$  и изделий, не подвергавшихся морозным воздействиям  $\bar{f}_B$ . Затем вычисляется относительное снижение прочности изделий  $\Delta f$  от циклического замораживания и оттаивания в %:

$$\Delta f = \frac{\bar{f}_B - \bar{f}_{BZ}}{\bar{f}_B} \cdot 100\% \quad (1)$$

В качестве критического значения относительного снижения прочности выбрано  $\Delta f_{KP} = 20\%$ . Этот критерий оценки морозостойкости изделий стеновой керамики можно рассматривать в качестве дополнительного. Из соотношения между значениями  $\Delta f$  и  $\Delta f_{KP}$  делается вывод о морозостойкости ( $\Delta f < \Delta f_{KP}$ ) или неморозостойкости ( $\Delta f \geq \Delta f_{KP}$ ) контролируемой партии изделий.

**Обсуждение критериев оценки морозостойкости изделий стеновой керамики.** Представленные в нормe PN-B-12012 критерии оценки морозостойкости изделий стеновой керамики вызывают большие сомнения. Если первый критерий (повреждения на поверхностях изделий) является очень размытым, то второй критерий (относительное снижение прочности  $\Delta f_{KP} = 0,2$ ) слишком однозначным. Предлагается, что в том и другом случаях критерии недостаточно обоснованы и их использование может приводить к ошибочным выводам.

По нашему мнению наиболее полное представление о морозостойкости изделий стеновой керамики можно получить на основе информации о снижении прочности изделий от циклического замораживания и оттаивания. Возможные варианты изменения средних значений прочности при сжатии  $\bar{f}_{BZ}$  испытываемых изделий от числа циклов замораживания и оттаивания  $S$  при низком и высоком начальном уровне повреждений, накопленных на различных этапах технологического процесса, показаны на рис. 1. Значения низкой и высокой температуры обжига определяются типом использованной глины. Например, для легкоплавкой глины нижний уровень температуры обжига может соответствовать 850–880°C, а верхний – 1050–1080°C. Нижний уровень накопленных повреждений может быть достигнут в результате исследований, целью которых является оптимизация параметров технологического процесса. При отсутствии таких исследований начальный уровень накопленных повреждений окажется высоким.

Неморозостойкость изделий, снижение прочности которых описывается кривыми типа 1 или 2 (см. рис.1), стандартная методика оценит одинаково и правильно, так как у испытываемых изделий фактическое значение первого и второго критериев будут превышать критические значения. В третьем случае (кривая 3 на рис.1) может оказаться, что по первому (основному) критерию изделия признаются морозостойкими и в соответствии с нормой не выполняется проверка по второму критерию. Если бы одновременно была выполнена проверка по второму критерию, то изделия следовало бы признать неморозостойкими. В четвертом случае (кривая 4 на рис.1) по первому критерию изделия могут быть признаны неморозостойкими, а по второму критерию они являются морозостойкими. Видим,

что в последних двух случаях оценки не совпадают (не коррелируют) и второй критерий не дополняет первый.

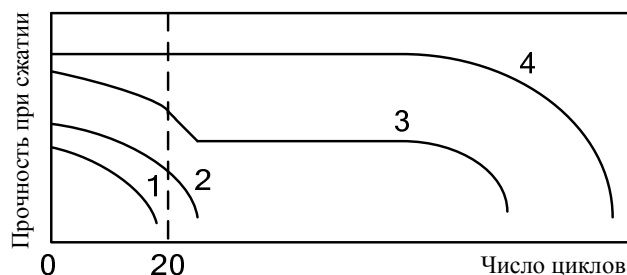


Рис. 1. Возможные варианты снижения прочности на сжатие изделий стеновой керамики при замораживании и оттаивании:

- 1 – низкая температура обжига и высокий уровень начальных повреждений,
- 2 – низкая температура обжига и низкий уровень начальных повреждений,
- 3 – высокая температура обжига и высокий уровень начальных повреждений,
- 4 – высокая температура обжига и низкий уровень начальных повреждений.

Возможно, что второй критерий следует рассматривать в качестве основного прежде всего для нефасадных изделий. В таком случае необходимо обсудить определение его критического значения. Для определения критического значения относительного снижения прочности можно выполнить статическую проверку гипотезы о значениях двух средних.

Прежде всего, следует описать гипотезу. Как известно, прочность изделий при сжатии зависит от большого числа факторов, поэтому можно допустить, что прочность является случайной нормально распределённой величиной, характеризуемой двумя основными параметрами: средним значением  $f$  (математическим ожиданием) и стандартным отклонением  $\sigma$ . Следовательно, исследуем две генеральные совокупности, имеющие нормальные распределения  $N(f_B, \sigma_1)$  и  $N(f_{BZ}, \sigma_2)$ . Причём значения средних  $f_B$  и  $f_{BZ}$ , а также стандартных отклонений  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  неизвестны. Интуитивно и на основе многочисленных данных (собственных и научно-технической литературы) можно предположить, что стандартные отклонения в обеих совокупностях идентичны  $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$ . Если такое предположение вызывает сомнения, то его можно проверить с помощью данных двух выборок и критической границы  $F$  – распределения.

Итак, для описанного случая хотим проверить нулевую (основную) гипотезу  $H_0 : f_B = f_{BZ}$  против гипотезы альтернативной  $H_1 : f_B > f_{BZ}$ . При такой альтернативной гипотезе критическая область проверки основной гипотезы является правосторонней. С целью проверки гипотезы  $H_0$  из каждой совокупности извлекаем независимые выборки численностью  $n_1$  и  $n_2$ , на основе которых вычисляем средние арифметические  $\bar{f}_B$  и  $\bar{f}_{BZ}$  и стандартные отклонения:

$$s_1 = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (f_{B_i} - \bar{f}_B)^2} \quad \text{и} \quad s_2 = \sqrt{\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{i=1}^{n_2} (f_{BZ_i} - \bar{f}_{BZ})^2} \quad (2)$$

где  $f_{B_i}$  и  $f_{BZ_i}$  – значение  $i$  – того измерения прочности в первой и второй выборке соответственно.

Далее вычислим оценку параметра  $\sigma$ . Эта оценка является стандартным отклонением с объединённых выборок:

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (3)$$

Для проверки основной гипотезы  $H_0$  используем следующую случайную величину (статистику):

$$t = \frac{\bar{f}_B - \bar{f}_{BZ}}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}, \quad (4)$$

которая при справедливости гипотезы  $H_0$  имеет  $t$  – распределение с  $\nu = n_1 + n_2 - 2$  степенями свободы. Гипотеза  $H_0$  отвергается в пользу гипотезы  $H_1$ , если вычисленное по формуле (4) значение  $t$  оказывается в критической области, т.е.

$$|t| > t_{2\alpha, n_1 + n_2 - 2}, \quad (5)$$

где  $t_{2\alpha, n_1 + n_2 - 2}$  – правосторонняя критическая граница  $t$  – распределения Стьюдента, соответствующая уровню значимости  $\alpha$  ( $0 < \alpha < 1$ ) и показанная на рис. 2.

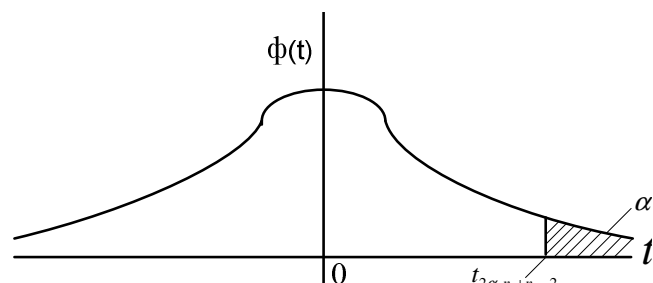


Рис. 2. Примерная кривая плотности  $t$  – распределения Стьюдента с  $n_1 + n_2 - 2$  степенями свободы

Другими словами выполнение неравенства (5) означает, что при выбранном уровне значимости  $\alpha$  контролируемую партию изделий следует признать неморозостойкой. При

$$|t| \leq t_{2\alpha, n_1 + n_2 - 2}, \quad (6)$$

гипотеза  $H_0$  принимается, и изделия контролируемой партии считаются морозостойкими.

Можно, как и в норме PN-B-12012, использовать понятие критического значения относительного снижения прочности  $\Delta f_{KP}$ .

Чтобы на основе двух независимых выборок определить критическое значение снижения прочности изделий стеновой керамики в результате циклического замораживания и оттаивания, необходимо по формуле (3) вычислить оценку неизвестного стандартного отклонения  $\sigma$ , выбрать уровень значимости  $\alpha$  и воспользоваться формулой (4), в которой выборочную статистику  $t$  заменить на правостороннюю критическую границу  $t$  – распределения Стьюдента  $t_{2\alpha, n_1 + n_2 - 2}$ , а числитель и знаменатель правой части разделить на среднее арифметическое  $\bar{f}_B$ . Тогда получим формулу для определения критического значения относительного снижения прочности:

$$\Delta f_{KP} = \frac{s_p}{\bar{f}_B} \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \cdot t_{2\alpha, n_1 + n_2 - 2}, \quad (7)$$

где относительное выборочное стандартное отклонение  $\frac{s_p}{\bar{f}_B}$  обычно называется коэффициентом вариации и обозначается буквой  $\nu$ .

Если вычисленное по формуле (1) относительное снижение прочности превышает значение, найденное по формуле (7), т.е.

$$\Delta f > \Delta f_{KP}, \quad (8)$$

то изделия контролируемой партии с вероятностью  $1 - \alpha$  следует считать неморозостойкими.

При другом соотношении

$$\Delta f \leq \Delta f_{KP} \quad (9)$$

признать морозостойкими.

Исходя из физического смысла считается, что  $\Delta f$  является положительной величиной. Не исключено и отрицательное значение  $\Delta f$ , так как сравниваются две случайные величины  $\Delta f_B$  и  $\Delta f_{BZ}$ . При отрицательном  $\Delta f$  изделия партии следует сразу признать морозостойкими.

Из формулы (7) следует, что критическое значение относительного снижения прочности  $\Delta f_{KP}$  не может быть постоянным, так как зависит от коэффициента вариации  $\nu$ , объёма выборок  $n_1$  и  $n_2$ , а так же уровня значимости  $\alpha$ . В инженерных исследованиях уровень значимости обычно принимается равным  $\alpha = 0,05$ . Согласно нормы PN-B-12012 объём обеих выборок принят одинаковым и равным  $n = 6$  в случае заводского контроля и  $n = 10$  в остальных случаях. Тогда критическое значение относительного снижения прочности зависит только от значения коэффициента вариации и определяется из соотношения:

$$\Delta f_{KP} = \nu \sqrt{\frac{2}{n}} \cdot t_{0,10; 2(n-1)}, \quad (10)$$

где  $n$  равно 6 или 10.

Имеет смысл определить значение  $\nu$  для принятого в норме PN-B-12012 значения  $\Delta f_{KP} = 0,2$ . При  $n = 6$ ,  $\alpha = 0,05$  из таблицы критических значений  $t$  – распределения Стьюдента находим  $t_{0,10; 10} = 1,812$  и, используя формулу (10), определяем критическое значение коэффициента вариации  $\nu_{KP} = 0,247$ . При  $n = 10$ ,  $\alpha = 0,05$  имеем  $t_{0,10; 18} = 1,734$  и  $\nu_{KP} = 0,258$ .

Результаты 182 опытных данных, полученных нами на выборках объёма  $7 \leq n \leq 12$  при испытаниях на прочность при сжатии различных изделий стеновой керамики, изготовленных различными предприятиями, показали, что коэффициент вариации изменяется в очень широком диапазоне  $0,12 \leq \nu \leq 0,31$ . Среднее значение коэффициента вариации составляло  $\bar{\nu} = 0,21$  и вполне соответствовало оценкам, приведённым в работах [1, 2]. Найденные на основе анализируемой нормы значения  $\nu_{KP} = 0,247 (n = 6)$  и  $\nu_{KP} = 0,258 (n = 10)$  превышают опытное среднее значение. Критические значения относительного снижения прочности  $\Delta f_{KP}$ , определённые по формуле (7) на основе указанных опытных данных, находились в диапазоне от 0,11 до 0,25, тогда как согласно нормы рекомендуется только одно значение  $\Delta f_{KP} = 0,2$ . Это означает, что использование постоянного значения второго критерия при оценке морозостойкости изделий может привести к ошибочным выводам и морозостойкие изделия признаны неморозостойкими и наоборот.

Следует отметить, что при определении коэффициента вариации  $\nu$  из анализируемых выборок были исключены грубые измерения. Практически в каждой третьей выборке были грубые измерения (одно, а иногда два), которые существенно исказили значения среднего арифметического  $\bar{f}_B$  и могли до двух раз увеличить значение выборочного стандартного отклонения. При сохранении грубых измерений в выборках верхняя граница диапазона для коэффициента вариации могла достигать значения  $\nu = 0,42$ .

По данным работ [2, 3] доля грубых измерений при испытаниях изделий стеновой керамики на прочность может достигать 10% и более. Однако нормой PN-EN.772-1 не предусмотрена проверка выборок на возможные грубые измерения с целью исключения этих измерений из последующего статического анализа. Согласно нормы PN-EN.771-1 прочность отдельного изделия, входящего в состав выборки, не должна быть менее 80% декларированного значения. Для изделий I-й категории декларируется нижняя граница 95%-ного доверительного интервала для среднего значения прочности при сжатии в партии, а для изделий II-й категории декларируется среднее арифметическое значение прочности, вычисленное по данным выборки. По мнению автора работы [4] при декларировании стеновых изделий I-й категории ограничение минимальной прочности изделий в выборке нецелесообразно. По нашему мнению это ограничение нецелесообразно не только для изделий I-й категории, но и изделий II-й категории. Для изделий второй категории данное условие имеет вид:

$$f_{B,\min} \geq 0,8\bar{f}_B, \quad (11)$$

где  $f_{B,\min}$  является наименьшим измеренным значением прочности при сжатии в исследуемой выборке изделий.

Условие (11) нельзя рассматривать в качестве проверки на наличие грубых измерений, так как грубые измерения в случайной выборке могут иметь не только минимальные, но и максимальные значения. Для проверки наличия грубых измерений в выборке можно использовать различные процедуры. Покажем одну из них, описанную в работе [5].

Пусть в  $n$  – элементной случайной выборке имеем наименьший (наибольший)  $f_{B,\min}$  ( $f_{B,\max}$ ) результат измерения прочности. Тогда случайная величина (статистика):

$$V = \frac{\bar{f}_B - f_{B,\min}}{s\sqrt{\frac{n-1}{n}}} \quad \text{или} \quad V = \frac{f_{B,\max} - \bar{f}_B}{s\sqrt{\frac{n-1}{n}}} \quad (12)$$

имеет специальное распределение, которое зависит только от числа степеней свободы  $\nu = n - 2$ . Критическое  $\nu$ -распределение для различных уравнений значимости  $\alpha$  и степеней свободы  $\nu$  можно найти в таблице, приведённой в работе [5]. При выбранном уровне значимости  $\alpha$  величина  $f_{B,\min}$  ( $f_{B,\max}$ ) исключается из выборки как грубое измерение, если определённое по формуле (12) значение  $V$  или  $V$  окажется более критического  $V_{\alpha,\nu}$ .

Представляет интерес определить критическое (максимальное) значение коэффициента вариации  $v_{KP}$ , при котором с вероятностью  $(1 - \alpha)$  выполняется условие (11). Если имеется выборка  $n$  независимых наблюдений  $f_{B_1}, f_{B_2}, \dots, f_{B_n}$  над нормально распределённой случайной величиной  $f$ , то можно показать, что отношение

$$t = \frac{f_{B_i} - \bar{f}_B}{s} = \frac{(f_{B_i} / \bar{f}_B) - 1}{s / \bar{f}_B} \quad (13)$$

имеет  $t$  – распределение Стьюдента с  $\nu = n - 1$  степенями свободы. Перепишем формулу (13) при условии, что  $f_{B_i} = 0,8\bar{f}_B$ ,

$$t = -t_{2\alpha,\nu} \quad (\text{односторонняя оценка для } t \text{ снизу}), \quad s / \bar{f}_B = v_{KP}.$$

Получим:

$$-t_{2\alpha,\nu} = \frac{-0,2}{v_{KP}}$$

Из этого выражения имеем:

$$v_{KP} = \frac{0,2}{t_{2\alpha,\nu}}. \quad (14)$$

При  $\alpha = 0,05$ ,  $n = 10$ ,  $\nu = n - 1 = 9$  из таблицы  $t$  – распределения находим  $t_{0,10;9} = 1,83$ . Далее по формуле (14) определяем критическое значение коэффициента вариации  $v_{KP} = 0,11$ , которое оказывается меньше определённого нами минимального  $v_{\min} = 0,12$  и среднего  $\bar{v} = 0,21$  значений. Это означает, что выполнение условия (11) на практике маловероятно. Если для генеральной совокупности принять  $v = \bar{v} = 0,21$ , то примерно 30% измерений прочности не будут превышать  $0,8\bar{f}_B$ . Однако действующими нормами не оговорено, как поступать в таких случаях.

**Заключение.** Данные о поверхностных повреждениях и кинетике снижения прочности при сжатии изделий стеновой керамики при циклическом замораживании и оттаивании показывают, что использованный в нормe PN-B-12012 основной (поверхностные повреждения) и дополнительный (относительное снижение прочности при сжатии) критерии оценки морозостойкости не всегда коррелируют друг с другом. В результате изделия признанные морозостойкими по одному критерию могут оказаться неморозостойкими по другому критерию. При проверке статической гипотезы о значениях двух средних установлено, что принятие постоянного значения относительного значения прочности  $\Delta f_{KP} = 0,2$  в качестве дополнительного критерия также может приводить к ошибочным выводам. Для уменьшения вероятности такого ошибочного вывода предлагается критическое значение снижения прочности  $\Delta f_{KP}$  определять с учётом коэффициента вариации, объёма выборок и правосторонней критической границы  $t$  – распределения Стьюдента. При этом выборка, по которой определяется коэффициент вариации прочности при сжатии, не должна содержать грубых измерений. Как показал статистический анализ, целесообразность предусмотренного нормой ограничения минимального значения прочности изделий в выборке вызывает сомнения. Всё отмеченное свидетельствует о том, что норма PN-B-12012 нуждается в дальнейшем совершенствовании.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Richter H.G. Festigkeitsverhalten keramischer Werkstoffe. Technische Keramik, Essen: Vulkan-Verlag (1990), 288-293.
2. Никитин, В.И. Особенности построения регрессионной модели для оценки зависимости прочности керамического материала при сжатии от технологических факторов / В.И. Никитин, В. Бацкель-Бжозовска // Вестник БрГТУ. Строительство и архитектура. – 2007. – №1. – С. 90–93.
3. Tukey J.W. The Future of Data Analysis, Ann.Math.Stat., 33 (1962), 1–67.
4. Jarmontowicz R. Wytrzymałosc na sciskanie ceramicznych elementow murowych (cz.1). Ceramika budowlana. – 2006. – № 2. – С. 15–18.
5. Ахназарова, С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров – М.: Высшая школа, 1985. – 327 с.

Материал поступил в редакцию 05.01.11

#### NIKITIN V.I., BACKIEL-BIZOWSKA B. Evaluation of freeze-thaw resistance of clay masonry units

Based on statistical analysis of the numerous experimental data it was indicated, that evaluation of frost resistance of ceramic masonry units using standart criteria can lead to false conclusion. Procedure of specification of frost resistance evaluation criteria is proposed based on decrease of compressive strength of ceramic masonry units.