

The analysis of acting Polish norma PKN-CEN/TS 12390-9:2007 «Testing harden concrete. Part 9: Freeze-thaw resistance. Scaling, which supplements European norma EN 206-1 «Concrete. Specification, production and conformity» is made. On the basis of on experimental research and the statistical analysis of the gained date it is show that recommended in the PKN-CEN/TS 12390-9:2007 test methods na frost resistance can give various results.

УДК 691.421:666.9.015.44

Никитин В.И., Кофанов В.А.

ВЛИЯНИЕ АНИЗОТРОПИИ ИЗДЕЛИЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАПИЛЛЯРНОГО ВЛАГОПЕРЕНОСА

Введение. Для количественного описания процесса переноса жидкой влаги в капиллярно-пористых строительных материалах и оценки влажностного состояния ограждающих конструкций необходимо знать зависимость значения коэффициента капиллярного влагопереноса от влагосодержания материала, которое в свою очередь зависит от особенностей его капиллярно-пористой структуры. При установлении этой зависимости известными методами необходимо выполнять довольно длительные и трудоемкие эксперименты, использовать дорогостоящую аппаратуру и непростые вычислительные процедуры, при реализации которых предполагается, что образцы испытываемого материала являются однородными и изотропными. Однако не все изделия строительных материалов могут удовлетворять этому условию. Среди прочих можно отметить изделия стеновой керамики пластического формования. В процессе довольно сложного движения пластичной глиняной массы в корпусе и формирующей части ленточного пресса в сформованном брусе заданного профиля параллельно оси пресса возникают расслоения. В результате готовые изделия имеют осевую текстуру, приводящую к анизотропии физических свойств керамического материала.

В данной работе выполнена количественная оценка влияния анизотропии изделий стеновой керамики пластического формования на значения показателей капиллярных свойств материала и коэффициента капиллярного влагопереноса (коэффициента выравнивания влаги). Для этого вначале экспериментальным путем определялись показатели, характеризующие способность керамического материала впитывать воду в направлении формования и перпендикулярно этому направлению, а затем на основе полученных экспериментальных данных и разработанного авторами метода вычислялись коэффициенты капиллярного влагопереноса в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Теория и методика эксперимента. Для понимания процесса капиллярного переноса влаги в капиллярно-пористых материалах можно воспользоваться основами капиллярной теории, разработанной для отдельного цилиндрического капилляра и описанной во многих работах, например [1, 2, 3]. В соответствии с этой теорией без больших погрешностей процесс всасывания воды вертикальным цилиндрическим капилляром из гидрофильного материала описывается зависимостью:

$$\tau = M_0 \cdot X^2, \quad (1)$$

где τ – продолжительность капиллярного всасывания воды от момента контакта нижнего конца капилляра с поверхностью воды, с;

X – путь, пройденный поднимающимся фронтом воды в капилляре за время τ , м.

Из зависимости (1) следует, что время τ , за которое столб воды в вертикальном цилиндрическом капилляре поднимется на высоту X , пропорционально квадрату этой высоты. Коэффициент пропорциональности M_0 в зависимости (1) характеризует способность данного капилляра сопротивляться всасыванию воды и определяется по формуле:

$$M_0 = \frac{2 \cdot \eta}{r_0 \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)}, \quad (2)$$

где η – динамическая вязкость воды, Па·с;

r_0 – радиус капилляра, м;

σ – поверхностное натяжение на границе вода-воздух, Н/м;

θ – угол смачивания.

Как видно из формулы (2), сопротивление всасыванию воды возрастает при увеличении вязкости воды и угла смачивания, а также при уменьшении радиуса капилляра и поверхностного натяжения.

Со временем процесс капиллярного всасывания воды затухает (силы внутреннего трения и инерции стремятся к нулю) и в момент времени $\tau = \tau_{\max}$ сила капиллярного всасывания уравновешивается только силой тяжести водяного столба $X = h_{\max}$. Из условия равновесного состояния имеем:

$$h_{\max} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)}{r_0 \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g}, \quad (3)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Формула (1) справедлива только для одиночного капилляра при условии, что высота подъема воды в капилляре X значительно меньше высоты столба воды в том же капилляре в состоянии равновесия h_{\max} .

В силу очевидных различий между одиночным капилляром и реальным материалом без дополнительных допущений зависимость (1) нельзя непосредственно использовать для количественного описания процесса впитывания воды капиллярно-пористыми строительными материалами. Однако она может служить основой при построении математической модели для количественного описания процесса одномерного капиллярного впитывания воды сухими образцами капиллярно-пористых материалов.

Известно, что в достаточно высоких образцах (в теоретических исследованиях рассматривается неограниченное однородное и изотропное полупространство) при одномерном капиллярном впитывании воды в момент времени $\tau \leq \tau_{\max}$ граница между влажной и сухой частями образца довольно размыта и влагосодержание материала по высоте образца изменяется от значения W_{κ} , кг/м³, которое соответствует капиллярному насыщению, до начального W_0 , которое для абсолютно сухих образцов равно нулю. Эта зависимость обычно называется профилем влажности $W(X, \tau)$, и ее типичный вид показан на рисунке 1 сплошной линией.

Кофанов Валерий Анатольевич, ст. преподаватель кафедры информатики и прикладной математики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

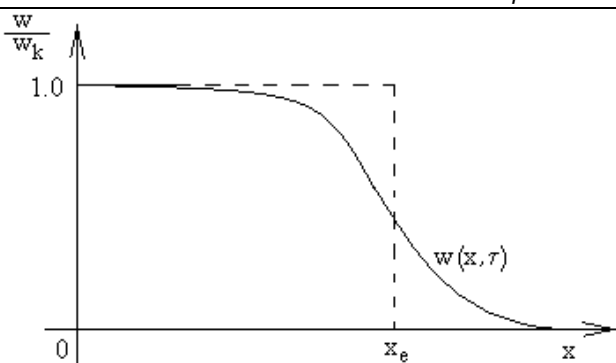


Рис. 1. Типичный профиль влажности $w(x, \tau)$ образца неограниченной высоты при капиллярном впитывании воды (сплошная линия) и заменяющий его идеальный профиль (прерывистая линия)

Следует отметить, что не все открытые поры и капилляры материала участвуют в переносе жидкой влаги. Часть открытой пористости (примерно 80–95%), которая заполняется подвижной жидкой влагой в состоянии капиллярного насыщения, принято называть активной пористостью

$$\Phi_a = \frac{W_k}{\rho_{ж}} \quad (4)$$

Если всю активную пористость испытываемого образца представить в виде пучка цилиндрических капилляров одинакового радиуса и параллельного оси X , то по аналогии с формулой (1) для полученной геометрической модели можно записать:

$$\tau = M \cdot x_e^2, \quad (5)$$

где M – коэффициент сопротивления капиллярному впитыванию влаги, $с/м^2$;

x_e – высота капиллярного подъема фронта воды в пучке капилляров одинакового радиуса за время τ , м.

При этом профиль влажности модели пористой структуры образца имеет вид прямоугольника, площадь которого равна произведению $W_k \cdot x_e$. Для обеспечения эквивалентности образца материала и его модели с точки зрения переноса массы жидкой влаги площадь этого прямоугольника должна быть равна площади под кривой профиля влажности $w(x, \tau)$ испытываемого образца

$$W_k \cdot x_e = \int_0^{x_e} w(x, \tau) dx \quad (6)$$

Графическая иллюстрация этого равенства показана на рисунке 1.

Таким образом, если для момента времени τ известен профиль влажности $w(x, \tau)$, то с помощью формулы (6) можно вычислить эквивалентную границу x_e между сухой и влажной частями образца, а затем по формуле (5) определить коэффициент сопротивления капиллярному впитыванию влаги M , имеющий одинаковое значение, как для образца, так и его модели.

После замены в формуле (2) радиуса одиночного капилляра r_0 на эквивалентный радиус модели r_e должно выполняться условие

$$M_0 = M, \quad (7)$$

из которого находим значение эквивалентного радиуса

$$r_e = \frac{2 \cdot \eta}{M \cdot \sigma \cdot \cos(\theta)} \quad (8)$$

Поскольку в образце капиллярно-пористого материала размером l в направлении оси X средняя длина пути l_k , пройденного частичками воды, превышает размер l , то для обеспечения одинако-

вого потока влаги в образце и его модели средний гидравлический (условный) радиус материала r_k должен значительно превышать значение эквивалентного радиуса r_e . Как показано в работе [4], имеет место соотношение

$$r_k = r_e \cdot \xi^2(w_k), \quad (9)$$

где $\xi(w_k) = \frac{l_k}{l}$ – определяется как средняя извилистость капилляров, заполненных жидкой влагой в состоянии капиллярного насыщения материала.

В соответствии с работой [5] среднюю извилистость капилляров $\xi(w_k)$ можно определить с помощью зависимости

$$\xi(w_k) = \frac{\Phi_a(w_k)}{\left[\frac{1}{2} + \sin \left(\frac{\arcsin(2 \cdot \Phi_a(w_k) - 1)}{3} \right) \right]^2} \quad (10)$$

Коэффициент сопротивления капиллярному впитыванию влаги M связан с коэффициентом сорбции воды A , $кг/м^2 \cdot с^{0.5}$ (англ. water sorption coefficient) и коэффициентом впитывания воды B , $м/с^{0.5}$ (англ. water penetration coefficient) соотношением

$$M = \left(\frac{W_k}{A} \right)^2 = \frac{1}{B^2} \quad (11)$$

Описание понятия коэффициентов A и B приведено во многих работах, в том числе и в Европейской норме [6]. Среди представленных в соотношении (11) показателей наиболее просто решается задача определения коэффициента сорбции воды A и влагосодержания материала при капиллярном насыщении W_k . Для этого с помощью специального эксперимента отслеживается изменение массы воды m в образце материала высотой $x = h$ и постоянного поперечного сечения a в процессе одномерного капиллярного впитывания. Графическая интерпретация результатов такого эксперимента показана на рисунке 2.

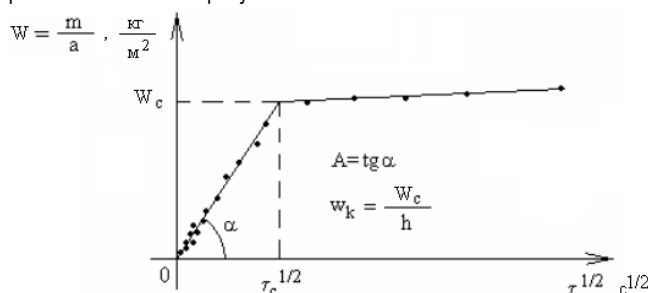


Рис. 2. Определение значений коэффициента сорбции воды A и влагосодержания материала в состоянии капиллярного насыщения W_k по данным о кинетике одномерного капиллярного впитывания массы воды m образцом высотой h и постоянного поперечного сечения a (точки)

Высоту испытываемого образца h необходимо выбирать таким образом, чтобы поднимающийся фронт воды достигал верхней части образца за довольно непродолжительное время τ (в пределах 7–8 часов), а его влагосодержание по высоте незначительно отклонялось (уменьшалось) от значения W_k . В соответствии рисунком 1 это означает, что высота образца h должна быть значительно меньше высоты x_e , зависящей от времени τ и определяемой из условия (6). Следует учитывать, что стремление уменьшить продолжительность эксперимента за счет уменьшения высоты образца может привести к снижению точности определяемых показателей.

На основе многочисленных экспериментальных данных, полученных нами при определении коэффициента сорбции воды A для образцов изделий строительной керамики, автоклавированных известково-песчаных изделий и пенобетонов высотой преимущественно от 4 до 9 см (в отдельных случаях до 23–25 см), рекомендуется использовать образцы высотой примерно 5 см. При этом продолжительность измерения для одного образца составит 3–7 часов. В этом случае согласно формуле (3) радиус условного капилляра, в котором в комнатных условиях прекращается подъем воды, составит около $3 \cdot 10^{-4}$ м (300 мкм), что будет соответствовать верхней границе диапазона, измеряемого с помощью ртутной порозиметрии. Дополнительные особенности определения A и w_k среди прочих представлены в работах [1, 7].

После определения опытных значений A и w_k по формуле (11) вычисляется коэффициент M , а затем с помощью формул, приведенных, например, в работах [8] или [9], можно рассчитать коэффициент капиллярного влагопереноса D_w , который в норме [6] называется коэффициентом выравнивания влаги (англ. moisture diffusivity). Приведенная в работе [8] формула для определения D_w является эмпирической и весьма приближенной, поэтому будем использовать формулу, предложенную в работе [9], как теоретически обоснованную и наиболее точную

$$D_w = \frac{2 \cdot \xi^2(w_k) \cdot b(s)}{M \cdot \xi(w)} \quad (12)$$

где $\xi(w)$ – извилистость капилляров, заполненных жидкой влагой при влагосодержании $w \leq w_k$;

$b(s)$ – безразмерная функция, зависящая от степени насыщения активной пористости Φ_a жидкой влагой s :

$$s = \frac{w}{w_k} \quad (13)$$

При известном значении s функцию $b(s)$ можно определить по графику, приведенному в работе [9], или аппроксимирующей этот график формуле

$$b(s) = 5.034 \cdot 10^{-2} \cdot s^{0.2405} + \frac{0.0259 \cdot s}{1.027 - s} \quad (14)$$

Извилистость капилляров $\xi(w)$ определяется по формуле (10) после замены активной пористости Φ_a на произведение $\Phi_a \cdot s$.

Таким образом, определяя экспериментальным путем значения коэффициента сорбции воды A и влагосодержание при капиллярном насыщении материала w_k для изделий строительной керамики в направлении формования и перпендикулярно этому направлению, а затем по формуле (12) рассчитывая коэффициент выравнивания влаги D_w можно оценить влияние анизотропии изделий на его значения.

Эксперимент и обсуждение его результатов. Исходным материалом для проведения экспериментальных исследований служила случайная выборка кирпича-сырца, сформованного пластическим способом на предприятии строительной керамики «Левково». Из одного кирпича-сырца вырезалось четыре образца в виде параллелепипеда размером 65×55×55 мм так, как это показано на рисунке 3.

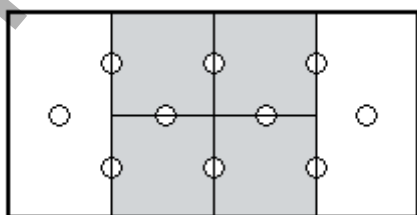


Рис. 3. Схема вырезания образцов из кирпича-сырца

Полученные образцы нагревались в электрической печи со скоростью 2 °С/мин до максимальной температуры обжига и выдерживались при ней 2 часа, а затем охлаждались вместе с печью. Для одних восьми случайно отобранных образцов максимальная температура обжига составляла 850 °С, а для других восьми образцов – 1050 °С. Нижняя и верхняя границы температуры обжига были установлены исходя из термических свойств глины месторождения «Левково-Старе». Характеристика этого глинистого сырья описана в работе [10]. В качестве отощающей добавки на предприятии используется кварцевый песок со средним размером частиц 0,37 мм. Содержание этой добавки в сырьевой смеси составляет примерно 15% от массы сухой глины.

После определения плотности керамического материала ρ_0 на специальной лабораторной установке, описанной в работе [7], отслеживалась кинетика одномерного капиллярного впитывания воды образцами в направлении формования изделий и перпендикулярно этому направлению. Для каждого образца полученные результаты представлялись в графической форме (см. рисунок 2), определялись значения коэффициента сорбции воды A , влагосодержания в состоянии капиллярного насыщения w_k и по формуле (11) вычислялся коэффициент сопротивления капиллярному впитыванию воды M , а по формуле (10) определялись значения извилистости капилляров при полном $\xi(w_k)$ и частичном $\xi(0,5w_k)$ капиллярном насыщении. Данные для четырех случайных выборок, каждая из которых состояла из четырех образцов глиняного кирпича представлены в таблице 1.

Из таблицы 1 видно, что у рассматриваемых образцов средние показатели капиллярного впитывания воды A и M наиболее существенно зависят от направления, в котором происходит этот процесс. В направлении, перпендикулярном слоям текстуры, образцы характеризуются наименьшей скоростью капиллярного впитывания воды (коэффициент A) и наибольшим сопротивлением этому впитыванию (коэффициент M) по сравнению с образцами, для которых процесс капиллярного впитывания наблюдался вдоль слоев текстуры (в направлении формования). Такая ситуация типична для изделий с выраженной слоистой текстурой. С повышением температуры обжига и увеличением количества стеклофазы слоистая текстура становится несколько размытой, что и подтверждается изменением значений A и M при капиллярном впитывании воды вдоль направления формования. Влагосодержание образцов в состоянии капиллярного насыщения w_k (или активная пористость Φ_a) от температуры и направления изменяются в меньшей степени. С ростом температуры обжига значения w_k уменьшаются, что вполне соответствует существующим представлениям. В направлении формования изделий значения w_k превышают значения, которые определены в направлении перпендикулярном. Поскольку значения w_k изменяются в довольно узком диапазоне, то и изменения значений извилистости капилляров $\xi(w_k)$ также имеют узкий диапазон.

По данным таблицы 1, с помощью формулы (12) при степени насыщения активной пористости на уровне $s=1$ и $s=0,5$ были вычислены значения коэффициентов выравнивания влаги D_w , а затем определены коэффициенты k_a , показывающие, во сколько раз коэффициент выравнивания влаги в направлении формования $D_{w\parallel}$ превышает тот же коэффициент в направлении, перпендикулярном направлению формования $D_{w\perp}$ и, следовательно, характеризующие анизотропию керамических изделий с точки зрения капиллярного переноса влаги

$$k_a = \frac{D_{w\parallel}}{D_{w\perp}} \quad (15)$$

Таблица 1. Средняя плотность ρ_0 , коэффициент сорбции воды A , влагосодержание в состоянии капиллярного насыщения w_k , коэффициент сопротивления капиллярному впитыванию влаги M и извилистость капилляров при полном $\xi(w_k)$ и частичном $\xi(0,5w_k)$ насыщении для четырех случайных четырехэлементных выборок образцов глиняного кирпича

Выборка	Температура обжига, °С	ρ_0 , кг/м ³	A , кг/(м ² ·с ^{0,5})	w_k , кг/м ³	$M \cdot 10^{-4}$, с/м ²	$\xi(w_k)$	$\xi(0,5w_k)$
Капиллярное впитывание перпендикулярно направлению формования							
1	850	1795	0.076	268	1243,49	2,32	2,54
2	1050	1844	0.079	254	1033,74	2,34	2,55
Капиллярное впитывание в направлении формования							
3	850	1788	0.232	295	161,68	2,28	2,52
4	1050	1840	0.165	271	269,76	2,32	2,54

Результаты вычисления коэффициента анизотропии K_a при различных температурах обжига (850° и 1050°) и степенях насыщения s ($s=0,5$ и $s=1,0$) представлены в таблице 2.

Таблица 2. Значения коэффициента анизотропии K_a при различных температурах обжига и степенях насыщения s

Температура обжига, °С	Степень насыщения $s = w/w_k$	Коэффициент анизотропии K_a
850	1,0	7,560
1050	1,0	3,791
850	0,5	7,504
1050	0,5	3,773

Из таблицы 2 следует, что с точки зрения капиллярного влагопереноса анизотропия изделий строительной керамики имеет существенное влияние на коэффициент выравнивания влаги D_w . При рассмотренных значениях степени капиллярного насыщения s коэффициент анизотропии K_a практически не меняется, в то время как повышение температуры обжига с 850 °С до 1050 °С дает двукратное уменьшение коэффициента K_a . Как уже отмечалось, такую разницу можно объяснить тем, что при температуре обжига 1050 °С образуется большее, чем при температуре 850 °С, количество стеклофазы и слоистая текстура керамического материала размывается сильнее. Тем не менее, слоистая текстура образцов сохраняется и при температуре обжига 1050 °С, что подтверждается высоким значением коэффициента анизотропии $K_a=3,791$.

Как свидетельствуют результаты компьютерной симуляции, представленные в работе [11], десятикратное увеличение (уменьшение) значения коэффициента выравнивания влаги D_w приводит к тому, что влагосодержание рассмотренной ограждающей конструкции при климатических воздействиях с учетом дождя за 80-дневный летний период возрастает (снижается) более чем в два раза. Для изученных изделий строительной керамики эта разница также может достигать значительной величины $K_a \approx 7,5$ (см. таблицу 2). Поэтому при расчетах влажностного состояния стен из изделий строительной керамики нужно использовать значения коэффициентов капиллярного переноса влаги с учетом анизотропии используемых изделий, располагая их в стене так, чтобы обеспечить наибольшее сопротивление впитыванию жидкой влаги и, следовательно, наименьшее значение коэффициента выравнивания влаги.

Представляло интерес сравнить средний условный радиус капилляров r_k активной пористости Φ_a , определяемый по формуле (9), со средним условным радиусом капилляров открытой пористости, определяемым с помощью ртутной порозиметрии. Для этого было выполнено порозиметрическое исследование образцов изучаемого керамического материала, полученного путем обжига при температуре 850 и 1050 °С. Среднее значение двух измерений

условного среднего радиуса оказались равными: $\bar{r}_k=0,104$ мкм при температуре обжига 850 °С и $\bar{r}_k=0,150$ мкм при температуре 1050 °С, что вполне соответствовало результатам порозиметрических исследований многочисленных работ, например [12, 13].

Для сравнения, условный средний радиус капилляров r_k был рассчитан по формуле (9) с использованием данных работы [1] для комнатных условий ($t=20$ °С): угол смачивания $\Theta=60^\circ$; поверхностное натяжение $\sigma=0,07275$ Н/м; динамическая вязкость $\eta=0,001002$ Па·с. Расчеты показали, что в направлении формования имеем результаты, близкие опытным значениям: $r_k=0,177$ мкм при температуре обжига 850 °С и $r_k=0,109$ мкм при температуре 1050 °С. Однако в направлении перпендикулярном направлению формования, расчетные значения оказались меньше опытных примерно в пять раз и составляли: $r_k=0,024$ мкм ($t=850$ С) и $r_k=0,029$ мкм ($t=1050$ С). Такие результаты можно объяснить особенностями ртутной порозиметрии, которые не позволяют оценить анизотропию материала. Как известно, при данном способе измерения используются мелкие кусочки материала общей массой несколько грамм (в использованном нами порозиметре около 1 г) и вдавливание ртути в такие фрагменты материала происходит в направлении наименьшего сопротивления, т.е. в направлении формования. Поэтому результаты ртутной порозиметрии характеризуют поровую структуру керамического материала лишь в направлении формования. Кроме того, ртутная порозиметрия не дает информации об активной пористости Φ_a , которая заполнена жидкой влагой при капиллярном насыщении и в зависимости от многочисленных факторов может быть значительно меньше открытой пористости. Так, по данным работы [14] активная пористость может составлять от 45 до 92% открытой пористости, а по данным работы [15], верхняя граница может доходить до 97,6%.

Заключение. Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований дают основания утверждать, что анизотропия изделий строительной керамики имеет существенное влияние на показатели, характеризующие процесс капиллярного переноса влаги. Так, коэффициент анизотропии, определяемый как отношение значения коэффициента выравнивания влаги в направлении формования изделий к значению того же коэффициента в направлении, перпендикулярном направлению формования, может достигать значения 7,5. Пренебрежение такой значительной анизотропией изделий при расчете влажностного состояния наружных стен зданий может приводить к существенным ошибкам. В наружных стенах зданий изделия строительной керамики необходимо укладывать в такое положение, при котором поток жидкой влаги перемещался бы перпендикулярно направлению формования изделий. Сравнение значений среднего условного радиуса капилляров, участвующих в переносе жидкой влаги и рассчитанных с помощью предполагаемых формул, с данными ртутной порозиметрии показало, что ее результаты не могут оценить анизотропию капиллярно-пористой структуры изделий строительной керамики и, следовательно, использоваться при расчетах процессов капиллярного переноса влаги.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jans, M. Methods of measuring the moisture diffusivity at high moisture levels / M. Janz. – Lund: Division of Building Materials. – Report TVBM-3076. – 1997. – 76 p.
2. Pogorzelski, J.A. Fyzyka budowli. Podstawy wymiany ciepła i masy / J.A. Pogorzelski. – Białystok: Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, 1987.
3. Żygadło, M. Prognozowanie mrozoodporności ceramicznych materiałów budowlanych na podstawie ich właściwości kapilarnych / M. Żygadło, Z. Piasta // Inżynieria i Budownictwo. – 1989. – №2. – S. 56–57.
4. Nikitin, V. Ocena oporu penetracji wody w tworzywach ceramicznych / V. Nikitin, B. Backiel-Brzozowska // Ceramics. – 2008. – Vol. 103/2. – S. 1031–1036.
5. Афонин, А.В. Вычисление коэффициентов переноса жидкой влаги в капиллярно-пористых строительных материалах / А.В. Афонин, В.И. Никитин // Вестник БрГТУ. – 2002. – №1: Стр-во и арх. – С. 10–15.
6. Ciepłno-wilgotnościowe właściwości użytkowe budynków i materiałów budowlanych – Wielkości fizyczne dotyczące przenoszenia masy – Słownik: PN-EN ISO 9346:2009. – Data publikacji 19.06.2009. – 25 s.
7. Никитин, В.И. Влияние температуры обжига на параметры пористой структуры керамики / В.И. Никитин, Б. Бацкель-Бжозовска // Вестник БрГТУ. – 2005. – №1: Стр-во и арх. – С. 98–103.
8. Künzeli, H.M. Simultaneous heat and moisture transport in building components. One- and two-dimensional calculation using simple parameters / H.M. Künzeli. – Fraunhofer IRB Verlag. – Stuttgart, 1995. – 65 s.
9. Никитин, В.И. Метод оценки коэффициента влагопереноса строительных материалов / В.И. Никитин, В.А. Кофанов // Вестник ПГУ. – 2011. – №8. Сер. Строительство. Прикладные науки. – С. 57–63.
10. Никитин, В.И. Влияние режимов обжига, содержания добавки песка и его грансостава на физико-механические свойства стеновой керамики / В.И. Никитин, М. Болтрык, Б. Бацкель-Бжозовска // Вестник БрГТУ. – 2003. – №1. Сер. стр-во и арх. – С. 56–61.
11. Кофанов, В.А. Влияние атмосферных осадков и параметров влагопереноса материала ограждающих конструкций на их влагосодержание / В.А. Кофанов, В.И. Никитин // Вестник БГТУ. Стр-во и арх. – Приложение: материалы XI Междунар. науч.-методич. межвузов. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров Республики Беларусь», Брест, 25–27 ноября 2004: В 2 ч. – 2004. – Ч. 2. – С. 253–256.
12. Cultrone, G. Influence of mineralogy and firing temperature on the porosity of bricks / G. Cultrone, E. Sebastian, K. Elert, M.J. De la Torre, O. Cazalla, C. Rodriguez-Navarro // Journal of the European ceramic society. – 2005. – №24. – P. 547–564.
13. Brylska, E. Powstanie i właściwości «czarnego rdzenia» w ceramicznych materiałach budowlanych / E. Brylska, J. Hejmo // Ceramics. – 2003. – Vol. 80. – S. 599–604.
14. Kičaitė, A. Structure and destruction processes of building ceramic products / A. Kičaitė, R. Mačiulaitis, J. Malaiškienė, G. Kudabienė // Modern building materials, structures and techniques: papers of the 9th international conference, Vilnius, 16–18 May, 2007 / Lithuanian Academy of Science. – Vilnius, 2007. – 5 s.
15. Karoglou, M. Capillary rise kinetics of some building materials / M. Karoglou, A. Moropoulou, A. Giakoumaki, M.K. Krokida // Journal of colloid and interface science. – 2005. – V. 284. – P. 260–264.

Материал поступил в редакцию 06.01.12

NIKITIN V.I., KOFANOV V.A. Effect of anisotropy of building ceramics products on the performance of capillary moisture transfer

The quantitative evaluation of the influence of anisotropy of the ceramic wall products plastic molding on the values of the capillary properties of the material and the capillary moisture transfer coefficient (the coefficient of moisture equalization). A comparison of the average conditional radius of the capillaries involved in the transport of liquid moisture and calculated using the proposed formulas with the data of mercury porosimetry.

УДК 624.011.1:65.011.46

Кочурко А.Н.

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

1. Введение. Экономическое обоснование выбора лучшего варианта конструктивного решения здания ведется путем расчета экономического эффекта по предлагаемым вариантам. При реализации проектных решений могут быть использованы разные технологии, привлечены разные строительные машины и разное количество трудовых ресурсов, обеспечены разные темпы производства работ.

Существуют два принципиально различных подхода в теории экономической эффективности:

затратный подход, основанный на предположении, что лучший вариант, в котором в конечном счете меньше затраты на всех стадиях жизненного цикла проекта. Основным обобщающим показателем здесь являются приведенные затраты (Z);

доходный подход, основанный на предположении, что лучший вариант, в котором в конечном счете больше доходы на всех стадиях жизненного цикла проекта. Основным обобщающим показателем здесь является чистая текущая стоимость (NPV).

На кафедре экономики и организации строительства УО БрГТУ разработан ряд методик на общей методологической основе, которые позволяют оценить эффективность предлагаемых проектных

решений [1]. При применении типовых материалов и конструкций на стадии проектирования не возникает проблем с определением их сметной стоимости. При проектировании индивидуальных конструкций возникает необходимость оценки экономического эффекта на стадии изготовления конструкции. Особо это относится к деревянным конструкциям, так как несущие конструкции с применением дерева почти всегда индивидуального изготовления.

В данной работе рассматривается методика расчета сметной стоимости деревянной конструкции в деле. При разработке методики использовались наработки советских ученых в области технико-экономических основ проектирования деревянных конструкций [2, 3, 4, 5, 6], нормативные документы МАИС РБ, а также данные крупнейшего производителя несущих деревянных конструкций ОАО "Гомельский комбинат строительных конструкций" [7].

2. Сравнение вариантов конструктивных решений на основе затратного подхода. Интегральный экономический эффект от применения конструктивного решения складывается на трех стадиях реализации проекта: изготовление конструкций, строительное производство, эксплуатация объекта в течение жизненного цикла.

Кочурко Анатолий Николаевич, профессор кафедры экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.