

Сулейманова Л.А., д-р техн. наук, проф.,  
 Погорелова И.А., канд. техн. наук, доц.,  
 Сулейманов К.А., студент

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ТОПОЛОГИЯ ПОР В ГАЗОБЕТОНЕ

[ludmilasuleimanova@yandex.ru](mailto:ludmilasuleimanova@yandex.ru)

С позиции структурной топологии распределения полидисперсной пористости ячеистого бетона установлено, что топологическое соответствие выполняется при определенных равновесных радиусах пор. Взаимное отталкивание крупных пор в цементной системе приводит к однородному их распределению, а большая подвижность мелких пор – к вытеснению их в межузловые элементы Плато. А при высокой концентрации крупных пор в высокопористых системах с полидисперсной пористостью – в межпоровые перегородки газобетона.

**Ключевые слова:** топология, пора, пористость, ячеистый бетон, газобетон, распределение, упаковка

С позиции структурной топологии распределения полидисперсной пористости ячеистого бетона установлено, что топологическое соответствие выполняется при определенных равновесных радиусах пор. Взаимное отталкивание крупных пор в цементной системе приводит к однородному их распределению, а большая подвижность мелких пор – к вытеснению их в межузловые элементы Плато. А при высокой концентрации крупных пор в высокопористых системах с полидисперсной пористостью – в межпоровые перегородки газобетона [1–11].

Естественное распределение частиц вяжущего с газовыми порами происходит в результате снижения внутренней энергии и самоорганизации системы газобетонной смеси [6].

Рассмотрены две объемные фазы: жидкая (Ж) и газообразная (Г), разделенные сферической поверхностью, находящиеся в состоянии равновесия при  $T = \text{const}$ , например, пузырек газа (Г) в жидкой среде (Ж) или капля жидкости (Ж) в фазе пара (Г).

В состоянии равновесия возможны вариации изменения поверхности  $dS$  и объема  $dV$  поры без переноса вещества из одной фазы в другую, т.е. мольный состав фаз не меняется,  $dn_i = 0$ . Пусть объем воздушной поры  $V$  увеличится на  $dV$ , а поверхность ее оболочки  $S$  – на  $dS$ . В этих условиях общее выражение для изменения свободной энергии Гельмгольца во всей системе имеет вид [12]:

$$dF = -P_{\text{ж}} \cdot dV_{\text{ж}} - P_{\text{г}} \cdot dV_{\text{г}} + \sigma \cdot dS \quad (1)$$

При постоянстве общего объема системы, всех  $n_i$  и  $T$ ,  $dF = 0$ , при этом из уравнения (1) с учетом, что  $dV_{\text{ж}} = -dV_{\text{г}}$ , находим

$$P_{\text{ж}} - P_{\text{г}} = \sigma \cdot dS/dV_{\text{ж}} \quad (2)$$

Таким образом:  $P_{\text{ж}} > P_{\text{г}}$ .

Учитывая, что  $V_{\text{ж}} = 4/3(\pi R^3)$  и  $S = 4\pi R^2$ , где  $R$  – радиус кривизны поверхности натяжения поры, получим:

$$dS/dV_{\text{ж}} = 2/R \quad (3)$$

Так как  $R = r/\cos\theta$ , где  $r$  – радиус поры,  $\theta = 0^\circ$  – краевой угол кривизны поверхности натяжения поры, то  $R = r$ .

Подстановка соотношений (2) и (3) в выражение (1) дает уравнение Лапласа – Юнга [13]:

$$P_{\text{ж}} - P_{\text{г}} = 2 \cdot \sigma / r. \quad (4)$$

Уравнение (4) показывает, что разность давлений в объемных фазах пор возрастает с увеличением  $\sigma$  и с уменьшением  $r$ .

Независимо от агрегатного состояния фаз, состояние равновесия давления с вогнутой стороны поверхности всегда больше, чем с выпуклой стороны [12].

Рассмотрено, как изменяется давление насыщенного пара в газовой поре, находящейся в жидкой фазе, либо ее давление над малой каплей в газовой фазе. Поскольку давление в объемных фазах при искривленной поверхности изменяется, то следует ожидать также изменение химического потенциала  $\mu$  и, следовательно, давления насыщенного пара  $p$ , так как  $d\mu/dp \neq 0$ .

В процессе образования кривизны поверхности поры в однокомпонентной ( $i = 1$ ) двухфазной (Ж, Г) системе при  $T, S$  и  $n_i = \text{const}$ :

$$d\mu_i = v_i \cdot dp = v_i \cdot d(2 \cdot \sigma / r) \quad (5)$$

Примем молекулярную массу парогазовой смеси  $v_i$  в первом приближении постоянной. Так, для воды при  $r = 10^{-7}$  м и  $\sigma = 73 \cdot 10^{-3}$  Н/м ( $73$  эрг/см<sup>2</sup>) по уравнению (3) находим:  $p = 1,5$  МПа ( $\approx 15$  атм.).

Эта величина мала по сравнению с внутренним давлением воды ( $\approx 10^3$  МПа).

В этом случае при интегрировании от плоской поверхности ( $r = \infty$ ) до искривленной ( $r$ ) можно вынести  $v_i$  за знак интеграла

$$\int_{\mu_i^0}^{\mu_i^r} d\mu_i = v_i \cdot \int_{r=\infty}^r d(2 \cdot \sigma / r),$$

отсюда

$$\mu_i^r - \mu_i^0 = 2 \cdot v_i \cdot \sigma / r \quad (6)$$

где  $\mu_i^0$  – значение  $\mu$  вещества у плоской поверхности.

Из выражения (6) следует, что  $\mu$  в поре выше, чем у плоской поверхности, но в состоянии равновесия  $\mu_{жк} = \mu_{пг}$ . Тогда, относя в уравнении (6) левую часть к пару, а правую – к жидкости, можно записать для идеальной системы:

$$\begin{aligned} \mu_i^{ржк} &= \mu_i^{пг} = \mu_i(T) + R \cdot T \cdot \ln P^r; \\ \mu_i^0 &= \mu_i(T) + R \cdot T \cdot \ln P^0. \end{aligned}$$

Подстановка  $\mu_i^r$  и  $\mu_i^0$  в выражение (6) дает искомое соотношение:

$$R \cdot T \cdot \ln (p^r / p^0) = 2v_i \cdot \sigma / r. \quad (7)$$

Над вогнутым мениском жидкости  $p^r < p^0$  в этом случае радиус кривизны меняет знак и для сферического мениска получается аналогичное выражение:

$$R \cdot T \cdot \ln (p^0 / p^r) = 2v_i \cdot \sigma / r \quad (8)$$

Уравнение (7), называемое уравнением Томсона, показывает, что давление насыщенного пара над каплей (или внутри парогазовой поры) будет тем больше, чем больше  $\sigma$  и чем меньше радиус капли (поры)  $r$ . Например, для капли воды с радиусом  $r = 10^{-6}$  см ( $\sigma = 73$ ,  $v_i = 18$ ) расчет дает величину  $p^0 / p^r = 1,11$ . Это следствие, вытекающее из уравнения Томсона – Кельвина.

Увеличение однородности, уменьшение дисперсности и установление классов равновесных размеров пор определяется масштабным (размерным) фактором [14].

Уравнение состояния равновесия системы с учетом внешнего давления будет иметь вид

$$P + \rho \cdot g \cdot h + 2 \cdot \sigma / r = p_{пг} + p_{вг} + \frac{4}{3} \pi \rho g \frac{r^3}{s}, \quad (9)$$

где  $P$  – давление воздуха на свободную поверхность цементной суспензии, кгс/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность суспензии,  $\rho \geq 1$  кгс·с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения тел,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $h$  – глубина погружения поры, м;  $\sigma$  – поверхностное натяжение раствора, для воды  $\sigma = 0,073$  Н/м при  $T = 293$  К;  $p_{пг}$  – парциальное

давление насыщенного водяного пара внутри поры,  $p_{пг} = 2,34$  кПа,  $T = 293$  К;  $p_{вг}$  – парциальное давление газа или воздуха внутри поры.

Пренебрегая давлением воздуха внутри поры и полагая, что  $h = 0$  (сила  $F = \rho \cdot g \cdot h \cdot s$  меньше или равна выталкивающей силе Архимеда  $F = \frac{4}{3} \pi \rho g r^3$ ), из выражения (9) получим:

$$P + 2 \cdot \sigma / r = p_{пг} \quad (10)$$

Выражение (10) позволяет определить радиус поры в зависимости от внешнего давления

$$r = 2 \cdot \sigma / (p_{пг} - P) \quad (11)$$

Так как  $p_{пг} < P$ , то формула (11) дает отрицательное значение  $r$ , не имеющее физического смысла, но тем самым показывающее необходимость существования начальных центров зарождения, например, гелевых или контракционных пор, из которых начинается рост пор в жидкой фазе.

С учетом давления газа или воздуха в поре из уравнения (9) получим:

$$r = 2 \cdot \sigma / (p_{пг} + p_{вг} - P) \quad (12)$$

При этом возникает задача определения начального значения  $p_{в0}$  (при  $P = p_{в0} = = 760$  мм рт. ст. = 101,3 кПа [13] и определения зависимости  $p_{вг}$  ( $P$ ) или  $p_{вг}$  ( $r$ ). Один из возможных вариантов решения этой задачи является использование закона Бойля – Мариотта:  $p_{в0} V_{в0} = p_{вг} V_{вг}$ , где  $p_{в0} = p_0$  – начальные условия,  $V_{в0}$ ,  $V_{вг}$  – объем поры в начальный момент (при нормальных условиях  $P = p_0$ ) и при изменении  $P$  соответственно.

Тогда, поскольку  $V_{вг} \approx r^3$ , получим  $p_{вг} = = p_{в0} r_0^3 / r^3$ .

Выражение (12) имеет следующий вид:

$$r = 2 \cdot \sigma / (p_{пг} + p_{в0} \cdot r_0^3 / r^3 - P) \quad (13)$$

После подстановки в это выражение  $\alpha = r / r_0$  – относительный радиус поры и его преобразования, получим

$$(P - p_{пг}) \cdot \alpha^3 - p_{пг} / \alpha^2 - p_0 = 0.$$

Дальнейшие преобразования этого выражения путем деления на  $p_0$ , вводимых обозначений  $\beta = p_{пг} / p_0$ ,  $\gamma = P / p_0$  и анализ получаемого уравнения

$$(\beta - \gamma) \cdot \alpha^3 + \gamma \cdot \alpha^2 - 1 = 0$$

могут понадобиться для случая изменения внешнего давления, например, путем вакуумирования ячеистой смеси. Результат этого анализа приводит к тому, что для водяного пара при температуре 20°C в этом случае  $r = (6,58 \dots 11) \cdot r_0$  – соответственно при равенстве

внешнего давления (разрежения) давлению насыщенного пара в поре и при предельном (критическом) ее радиусе.

Учитывая, что для относительно крупных пор в начальный период ( $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) их образования  $p_{\text{вг}} \approx P$ , из выражения (12) получим:

$$r_0 \leq 2 \cdot \sigma / p_{\text{п}} \quad (14)$$

Из выражения (14) с принятым допущением при  $\sigma = 0,073\text{ Н/м}$  (для воды при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и  $p_{\text{п}} = 2,34\text{ кПа}$  (для водяного пара при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), получим:

$$r_{02} = (2 \cdot 0,073\text{ Н/м}) / 2,34 \cdot 10^3\text{ Н/м}^2 = \\ = 0,0624 \cdot 10^{-3}\text{ м} = 6 \cdot 10^{-5}\text{ м}.$$

По порядку величины ( $r_{02} = 0,06\text{ мм}$ ) это соответствует реально наблюдаемым размерам мелких по величине пор в ячеистых бетонах.

Согласно одному из положений структурной топологии о размерном (масштабном) факторе устойчивости образований [14], размер крупного и среднего класса пор получим из закономерности распределения пустот в случайной плотной  $\eta_1 \leq 0,65$  и в регулярной  $\eta_1 = 0,7405$  их упаковки соответственно:

$$d_n / d_1 = 1 / \left( \frac{2,549}{10\eta_1} \right)^{m(n-1)/3}, \quad (15)$$

где  $\eta_1 \leq 0,65$  – теоретическая плотность упаковки сферических пор.

Так для каждого класса  $m = 3; 6; 9; 12$  систем распределения полный набор размеров наибольших пор ( $n = 2$ ) в упаковках будет равен:

$$r_1 = 3,92 \cdot \eta_1 \cdot r_{02} = 3,92(0,65 \dots 0,74) \cdot 0,06\text{ мм} = \\ = 0,15 \dots 0,17\text{ мм} \quad (16)$$

$$r_1 = 15,39 \cdot \eta_1^2 \cdot r_{02} = 15,39(0,65 \dots 0,74)^2 \cdot 0,06\text{ мм} = \\ = 0,38 \dots 0,50\text{ мм} \quad (17)$$

$$r_1 = 60,38 \cdot \eta_1^3 \cdot r_{02} = 60,38(0,65 \dots 0,74)^3 \cdot 0,06\text{ мм} = \\ = 0,95 \dots 1,5\text{ мм} \quad (18)$$

В реальных условиях наблюдаемый радиус крупных пор в ячеистых бетонах составляет  $0,5 \dots 1,5\text{ мм}$ , что хорошо согласуется с расчетом. Тогда как размер мелких пор по условию (18), принимая для дисперсных (дискретных) систем  $\eta_1 \leq 0,64$ , будет равен:

$$r_3 = r_{02} / 60,38 (0,64 \dots 0,74)^3 = 0,06\text{ мм} / 60,38 \\ (0,64 \dots 0,74)^3 = 0,004 \dots 0,0025\text{ мм} (4 \dots 3\text{ мкм}).$$

$$r_4 = r_3 / 60,38 (0,64 \dots 0,74)^3 = (0,004 \dots 0,0025) / \\ 60,38 (0,64 \dots 0,74)^3 = 0,25 \dots 0,1\text{ мкм}.$$

Этими размерами характеризуется ячеистый бетон.

Для стандартной плотности рыхлой случайной упаковки сферических тел ( $\eta_1 = 0,60$ ) получим:

$$r_1 = 60,38 \cdot \eta_1^3 \cdot d_2 = 60,38 \cdot 0,60^3 \cdot 0,06\text{ мм} = 0,65\text{ мм}.$$

$$r_3 = r_{02} / 60,38 \cdot 0,60^3 = 0,06\text{ мм} / 60,38 \cdot 0,60^3 = \\ = 0,0046\text{ мм} (4,6\text{ мкм}).$$

$$r_4 = r_3 / (60,38 \cdot 0,60^3) = 0,0046 / 60,38 \cdot 0,60^3 = \\ = 0,35\text{ мкм}.$$

Эти классы размеров только лишь образуют пределы предыдущих.

Объемное содержание пор каждого размера в цементном ячеистом бетоне средней плотностью 300 и 450  $\text{кг/м}^3$  определяет его пористость.

$$П(D300) = 1 - \gamma/\rho = 1 - 300/2100 = \\ = 0,857143,$$

$$П(D450) = 1 - \gamma/\rho = 1 - 450/2100 = \\ = 0,785714,$$

где величина 2100  $\text{кг/м}^3$  есть среднее значение плотности цементного камня, согласно Пауэрсу [15],  $\rho = (2000 \dots 2200)\text{ кг/м}^3$ .

Распределение полидисперсной пористости ячеистого бетона по плотности упаковки невзаимодействующих пор в водоцементной системе определяется рекуррентным уравнением топологических переходов [8, 14]:

$$\eta = \eta_1 \cdot \left[ 1 - \frac{1}{3 \cdot \ln(120,754\eta_1^5)} \right] \quad (19)$$

$$0,857143 \rightarrow 0,7861 \rightarrow 0,7131 \rightarrow 0,63654 \rightarrow \\ \rightarrow 0,55285 \rightarrow 0,45217 \rightarrow 0,26954,$$

$$0,785714 \rightarrow 0,7127 \rightarrow 0,63609 \rightarrow 0,55234 \rightarrow \\ \rightarrow 0,45150 \rightarrow 0,267489.$$

Третий и последующие величины в этих рядах относятся к квазитвердому  $\rightarrow$  квазижидкому и  $\rightarrow$  критическому состоянию дисперсных (дискретных) систем.

Если в этих рядах взять сумму последних четырех величин плотности случайной упаковки пор четырех размеров, то получим коэффициент внедрения последующей фракции пор в цементную суспензию, заключенную между порами предыдущей фракции:

$$K_{\sigma} = \sum \eta_i = 0,63654 + 0,55285 + 0,45217 + \\ + 0,26954 = 1,9111,$$

$$K_{\sigma} = \sum \eta_i = 0,63609 + 0,55234 + 0,45150 + \\ + 0,267489 = 1,9074.$$

При этом объемную долю каждой фракции пор в цементном тесте рассчитывают по формуле:

$$\varphi_i = \left( \frac{\pi}{\sum \eta_i} \right) \eta_i, \quad (20)$$

где  $\eta_i$  – плотность случайной упаковки монодисперсных пор, соответствующая данной псевдофазе; для высокопористых систем с полидисперсной пористостью:

$$\sum \eta_i = \Pi = 0,8571 \text{ (0,7131) и}$$

$$\sum \eta_i = \Pi = 0,7857 \text{ (0,7127).}$$

Результаты расчета по формуле (20) для произвольного (случайного) наиболее вероятного распределения пор в

ячеистобетонных суспензиях с полидисперсной пористостью  $\Pi (D300) = 0,85714$  и  $\Pi (D450) = 0,7857$  приведены ниже в табл.

Из данных табл. следует, что на кривых распределения пористости в ячеистых бетонах можно обнаружить от одного до трех максимумов. При критическом состоянии системы максимумы сглаживаются до пологого участка кривой зависимости от размера поры, стремящейся к нулю в результате уменьшения количества и размера мелких пор. Аналогичный характер зависимости имеют также кривые зависимости гранулометрического состава продуктов тонкого измельчения минерального сырья.

Таблица

**Распределение паровоздушных пор в водоцементной массе газобетона и пенобетона**

Диаметр пор в ячеистом бетоне	1,3... 1,9 мм	0,06...0,062мм	8...9,2 мкм	0,5...0,7 мкм
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	0,28549	0,24796	0,20280	0,12089
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D450	0,26202	0,22752	0,18600	0,11018
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	0,40170	–	0,28535	0,1700
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	0,37400	0,32480		0,15836
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	–	0,37179	0,30408	0,18127
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300	0,60216	–	–	0,25498
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300		0,57621		0,28093
Объемная доля пор в ячеистом бетоне D300			0,53702	0,32012

Уравнения равновесного состояния мелких (м) и крупных (к) пор в системе имеет вид:

$$P + \rho \cdot g \cdot h + 2 \cdot \sigma_m / r_m = p_{пм} + p_{вм} \quad (21)$$

$$P + \rho \cdot g \cdot h + 2 \cdot \sigma_k / r_k = p_{пк} + p_{вк} \quad (22)$$

При вычитании уравнения (22) из (21), получим:

$$2 \cdot \sigma_m / r_m - 2 \cdot \sigma_k / r_k = (p_{пм} + p_{вм}) - (p_{пк} + p_{вк}) \quad (23)$$

Разность давлений газа или воздуха и насыщенного пара в мелких и крупных порах будет больше нуля. Это дает возможность левую часть равенства (4.23) приравнять выражению для закона Стокса:

$$2 \cdot \sigma_m / r_m - 2 \cdot \sigma_k / r_k = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r_m \cdot v, \quad (24)$$

где  $\eta$  – вязкость цементного раствора (цементной системы);  $v$  – скорость перемещения

и диффузии мелких пор при механическом перемешивании цементного раствора (массы),  $r_m, r_k$  – радиус мелких и крупных пор;  $\sigma_m, \sigma_k$  – поверхностное натяжение межфазной пленки мелких и крупных пор соответственно.

Так как  $\sigma_m / r_m > \sigma_k / r_k$ , то равенство (24) выполняется.

Из выражения (24) находим:

$$v = \frac{2 \cdot \sigma_m \left( 1 - \frac{\sigma_k \cdot r_m}{\sigma_m \cdot r_k} \right)}{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r_m^2} \quad (25)$$

Анализируя полученные выше результаты и данное выражение, можно сделать следующие выводы:

– превышение выталкивающей силы Архимеда  $\frac{4}{3}(\rho \cdot g \cdot \pi \cdot r^3)$  над силой

гидростатического давления  $\rho \cdot g \cdot h \cdot s$  приводит к подъему пор, к открытой поверхности цементной суспензии, а сохранность пор и их форму обеспечивает поверхностное натяжение;

– скорость перемещения (диффузии) мелких пор в цементной массе (растворе) при ее механическом перемешивании больше, чем крупных, она прямо пропорциональна поверхностному натяжению и обратно пропорциональна квадрату их радиуса;

– интенсивность перемешивания цементной массы до определенного предела приводит к плотному заполнению площади поверхности межфазной пленки посадочными площадками катиона в газобетоне или полярной части молекул ПАВ в пенобетоне в результате перетекания жидкой фазы и диффузии молекул насыщенного пара внутрь пор для установления термодинамического и топологического равновесия;

– снижение поверхностного натяжения и рост мелких пор до определенного размера, повышение поверхностного натяжения и уменьшение радиуса крупных до выполнения геометрического (топологического) соответствия плотного размещения в межфазном слое катиона или полярной части молекул ПАВ приводит к фракционированию их по размерам.

Топологическое соответствие выполняется при определенных равновесных радиусах пор в цементной суспензии. Так как  $\sigma_k / \sigma_m < 1$  и  $r_m / r_k < 1$ , то взаимное отталкивание крупных пор в цементной системе должно приводить к однородному их распределению, а большая подвижность мелких пор – к вытеснению их в межзубовые элементы Плато, расположенные в объемах между крупными порами, а при высокой концентрации крупных пор в высокопористых системах с полидисперсной пористостью – в межпоровые перегородки водоцементной массы газобетона.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сулейманова Л.А., Ерохина И.А., Сулейманов А.Г. Ресурсосберегающие материалы в строительстве // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 7. С. 113-116.
2. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Строкова В.В. Сухие строительные смеси для неавтоклавных ячеистых бетонов. Белгород: КОНСТАНТА, 2009. 144 с.
3. Сулейманова Л.А., Лесовик В.С., Сулейманов А.Г. Неавтоклавные газобетоны на

композиционных вяжущих. Белгород: Изд-во БГТУ 2010. 152 с.

4. Сулейманова Л.А., Кара К.А. Газобетоны на композиционных вяжущих для монолитного строительства. Белгород: КОНСТАНТА, 2011. 150 с.

5. Suleymanova L.A. Non-autoclaved aerated concrete at composite binding / Ibausil: 18. Internatinal Baustofftagung // Weimar, 2012. В.2. P. 2-0830–2-0835.

6. Kharkhardin A.N., Suleimanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Kozhukhova N.I. The determination of topological properties in polydispersed mixtures of the results of sieve laser and particle size analysis. World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 25. № 2. С. 347-353.

7. Suleymanova L.A., Kara K.A., Suleymanov K.A., Pyrvu A.V., Netsvet D.D., Lukuttsova N.P. The topology of the dispersed phase in gas concrete // Middle East Journal of Scientific Research. 2013. Т. 18. № 10. С. 1492-1498.

8. Сулейманова Л.А. Газобетон неавтоклавного твердения на композиционных вяжущих: дис...докт. техн. наук. Белгород, 2013. 390 с.

9. Сулейманова Л.А. Динамика расширяющейся газовой полости // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 4. С. 56–58.

10. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кара К.А. Энергоэффективный газобетон // В сборнике: Научные и инженерные проблемы строительной-технологической утилизации техногенных отходов Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Белгород, 2014. С. 218–220.

11. Сулейманова Л.А., Коломацкая С.А., Кондрашев К.Р., Шорстов Р.А. Энергоэффективные пористые композиты для зеленого строительства // В сборнике: Научные технологии и инновации Белгород, 2014. С. 354–359.

12. Фридрихсберг, Д.А. Курс коллоидной химии. 2-е изд. Л.: Химия, 1984. 384 с

13. Базаров, И.П. Термодинамика. М.: Высшая школа, 1997. С. 223–225.

14. Хархардин, А.Н. Структурная топология дисперсных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. Ч.1. 196 с.

15. Пауэрс, Т.К. Физические свойства цементного теста и камня // Материалы четвертого Международного конгресса по химии цемента. М.: Стройиздат, 1964. С. 402–438.

---

---

**Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Suleymanov K.A.**

**THE TOPOLOGY OF THE PORES IN AERATED CONCRETE**

*From the standpoint of structural typology of distribution of polydisperse porosity aerated concrete, it's founded that topological accordance is performed under certain equilibrium pore radius. The mutual repulsion of large pores in the cement system leads to a homogeneous distribution, and great mobility of small pores - to their displacement in internodal elements Plato. And at a high concentration of large pores in highly porous systems with a polydispersed porosity – in interpore partition.*

**Key words:** *topology, pore, porosity, aerated concrete, foamed concrete, distribution, packing.*

---

---

**Судейманова Людмила Александровна**, доктор технических наук, профессор кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru.

**Погорелова Инна Александровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: innapogorelova@yandex.ru.

**Судейманов Карим Абдуллаевич**, студент кафедры строительства и городского хозяйства.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Адрес: Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

E-mail: karimsuleymanov@mail.ru.