

## ВЛИЯНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ СТРУКТУРНЫХ УРОВНЕЙ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ПОВРЕЖДЕННОСТЬ БЕТОНОВ

**Уразманова Н.Ф.**, ассистент, **Коробко О.А.**, к.т.н., доц.  
**Тофанило В.Ю.**, аспирант, **Казмирчук Н.В.**, к.т.н.

*Одесская государственная академия  
строительства и архитектуры, Украина*

### **Введение**

В работе [1] предложено рассматривать бетоны как материалы полиструктурного строения с характерными уровнями структурных неоднородностей. Различие исходных компонентов бетонов по составу и размерам позволяет выделить индивидуальные составляющие его структуры, построение которых происходит по качественно отличным механизмам структурообразования. Полиструктурность предполагает, что бетон является сложной динамической системой [2, 3]. Представление бетона как системы обязывает учитывать взаимосвязность и взаимодействие всех составляющих его структуры. Каждый уровень неоднородностей включает собственный комплекс подструктур, находящихся в определенных взаимосвязях и взаимоотношениях не только между собой, но и с подструктурами других уровней. Это предполагает, что формирование интегральной структуры бетона должно осуществляться в результате взаимной инициации, при которой отдельные неоднородности будут влиять на структурное оформление друг друга.

Процессы структурообразования на всех уровнях неоднородностей ведут к самозарождению новых структурных элементов – начальных трещин и внутренних поверхностей раздела [4], определяющих общую поврежденность бетона технологическими дефектами. Взаимовлияние структурных преобразований позволяет предположить возможность регулирования количества, протяженности и ориентирования трещин в структуре материала путем направленного изменения физических и геометрических характеристик одного из уровней. Исходя из этого, была поставлена задача исследований – проанализировать влияние взаимообусловленности параметров структурных неоднородностей на технологическую поврежденность бетона.

### **Выбор моделей структурных неоднородностей бетона**

Для анализа взаимовлияния структурных уровней бетонов были выделены неоднородности на уровне «заполнители – матричный материал» (макроструктура) и на уровне «частицы вяжущего – дисперсионная среда» (микроструктура) [4].

Выделенные уровни являются подсистемами бетона, но проявляют себя как системы по отношению к своим структурным составляющим. Это позволяет представить микроструктуру в виде составной части (подсистемы) макроуровня, которая в качестве матрицы участвует в его структурообразовании при взаимодействии с заполнителями [5]. При этом организация микро- и макроструктур определяется взаимосвязной автономностью их поведения [6].

Начальная организация микроструктуры осуществляется за счет неуравновешенных межчастичных взаимодействий, инициирующих возникновение кластерных структур из частиц вяжущего и развитой сети межкластерных поверхностей раздела [4]. Границы раздела между кластерами представляют собой потенциальные зародышевые трещины. Преобразование границ раздела микро- и макроструктур в трещины провоцируется проявлением на них объемных деформаций, источником которых служат физико-химические процессы и явления организации структуры бетона на уровне частиц вяжущего [7].

Заполнители в бетонной смеси располагаются по отношению друг к другу в произвольной ориентации. При этом группы заполнителей и заключенный между ними матричный материал образуют структурные ячейки, которые отличаются между собой формой, определяемой способами укладки заполнителей, и соотношениями адгезионно-когезионных сил связи на границах раздела между матрицей и заполнителями [5]. В силу того, что микроструктура входит в состав структурных ячеек, в качестве факторов ее направленной организации можно выделить тип упаковки и состояние поверхности заполнителей, в зависимости от которых определяются размеры, конфигурация и распределение агрегатов макроуровня, а, следовательно, и параметры поверхностей раздела между ними. В работе [8] показано, что пространственно-геометрические характеристики макроструктурной неоднородности влияют на контур внешней границы микроструктуры как целостности, а проявляющиеся на ней объемные деформации определяют развитие трещин как на микро-, так и на макроуровне. Это обусловило выбор моделей образцов для экспериментального подтверждения влияния взаимообусловленной организации структуры бетона на его поврежденность технологическими дефектами.

### **Влияние взаимосвязи организации макро- и микроструктур на поврежденность бетона**

Под технологической поврежденностью понимают [4] количество технологических трещин и внутренних поверхностей раздела на различных уровнях структурных неоднородностей в объеме материала. В свою очередь, технологические трещины трактуются как трещины, которые возникли в период технологической переработки материала и присутствуют в нем до приложения эксплуатационных нагрузок. Внутренние поверхности раздела представляют собой

неплошности материала, образовавшиеся при развитии трещин до их выхода на поверхность берегов других трещин или внутренних поверхностей раздела.

Исследования проводили на затвердевших цементных образцах с размерами 40x90x160 мм, включающих имитаторы заполнителей в виде призм и цилиндров, которые располагали таким образом, чтобы получить структурные ячейки бетона кубической и гексагональной формы при различном ориентировании включений, рис. 1.

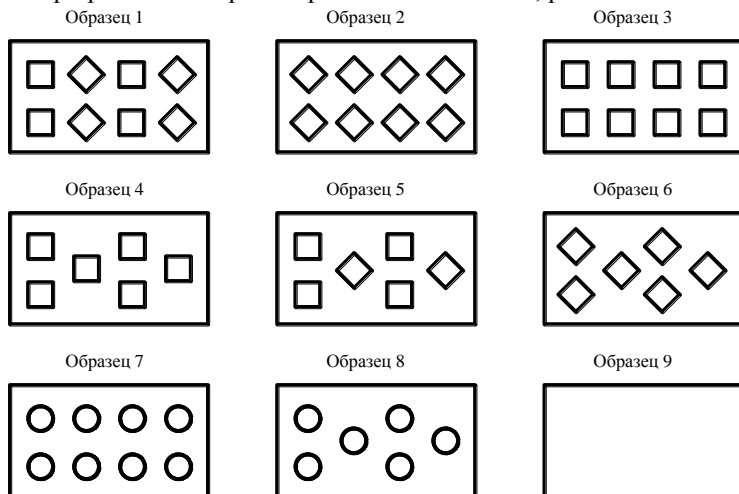


Рис. 1. Схемы укладки заполнителей в образцах

Изменение состояния поверхности имитаторов осуществляли путем их обмазки поверхностно-активным веществом, характеризующимся повышенной адгезией к цементу. По этому признаку образцы были разделены на контрольные (без обработки ПАВ) и аппретированные (с обработкой ПАВ).

Поврежденность моделей бетонных образцов наследственными дефектами оценивали с помощью коэффициента технологической поврежденности:  $K_p = \sum L_i / L$ , где  $L_1$  – кратчайшее расстояние между точками выхода трещины на боковые поверхности образца;  $\sum L_i$  – фактическая длина трещины.

Для определения протяженности  $L_i$  и  $L_1$  проводили измерение по коротким (40x90 мм) и длинным (40x160 мм) граням образцов в программном комплексе AutoCAD.

Проведенные исследования показали (рис.2 и рис.3), что градиенты объемных деформаций, возникающие на внутренних границах раздела микро- и макроструктур, обуславливают неповторимое распределение

начальных дефектов в каждой модели бетона в зависимости от способа укладки имитаторов заполнителей и состояния их поверхности.

При кубической упаковке заполнителей поврежденность образцов изменялась до 20%, при гексагональной укладке – до 10%, а при обработке их поверхности ПАВ – до 17%. Изменение ориентирования и типа укладки имитаторов в образцах позволяет изменить значения  $K_p$  до 15%. В среднем величина коэффициента поврежденности моделей с кубической упаковкой заполнителей на 11% выше, чем у образцов с гексагональным расположением включений.

Значения поврежденности образцов с моделями заполнителей в виде цилиндров составили  $K_p=1,24\dots 1,7$ ; в виде призм  $K_p=1,18\dots 1,75$  и  $K_p=1,24\dots 1,51$  при симметричной и асимметричной ориентации, соответственно.

### ***Выводы***

Можно заключить, что бетоны представляют собой сложные динамические системы, что обусловлено полиструктурностью их строения. Каждый уровень структурных неоднородностей бетонов может быть выделен в виде совокупности взаимосвязанных подструктур с уникальным набором элементов. Неоднородности взаимодействуют между собой через поверхности раздела, способных развиваться в технологические трещины в результате проявления на них градиентов объемных деформаций.

Взаимосвязность уровней определяет возможность направленного изменения, как их собственной структурной организации, так и структурного оформления всего бетона, что позволяет регулировать поврежденность материала начальными дефектами. Это экспериментально подтверждено результатами исследований. При различных способах укладки и ориентирования заполнителей значения  $K_p$  поврежденности образцов бетона могут изменяться – до 20%.

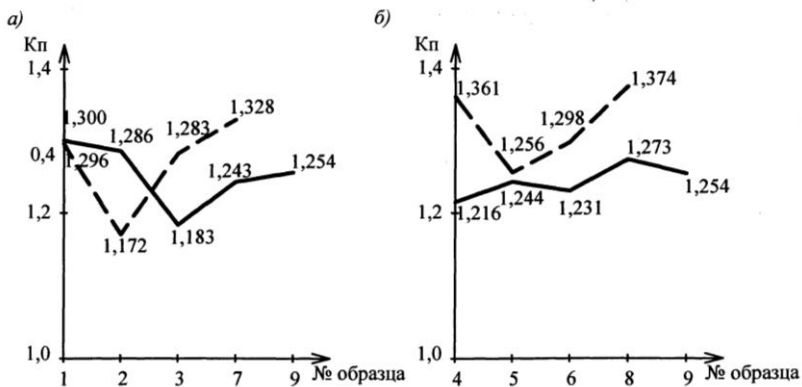


Рис. 2. Изменение коэффициента поврежденности в зависимости от формы заполнителей при кубической (а) и гексагональной (б) упаковке (грани 40x90мм):

— контрольные образцы; - - - аппретированные образцы.

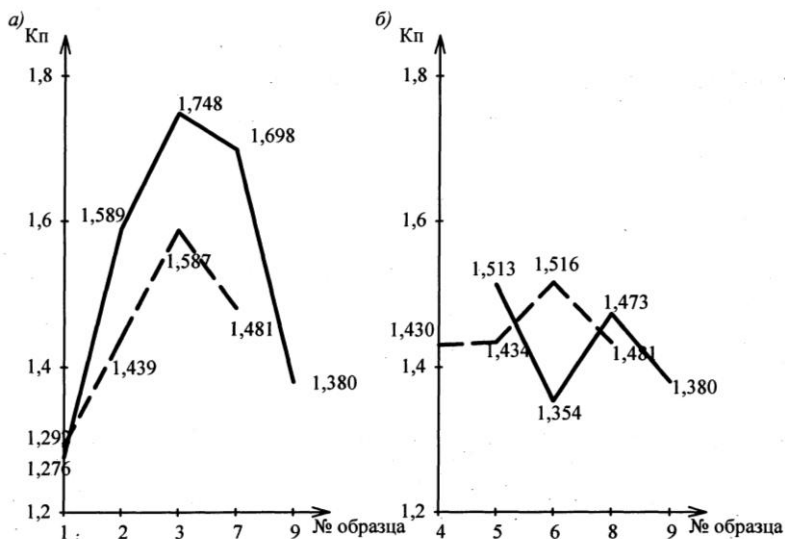


Рис. 3. Изменение коэффициента поврежденности в зависимости от формы заполнителей при кубической (а) и гексагональной (б) упаковке (грани 40x160 мм):

— контрольные образцы; - - - аппретированные образцы.

Отсюда следует, что, при назначении составов и технологических режимов производства строительных изделий и конструкций для более полной реализации потенциальных возможностей бетона необходимо учитывать такой объективный процесс как взаимообусловленность организации его структуры на всех уровнях неоднородностей.

### **Summary**

**The analysis of influence of interconditionality of parameters of structural heterogeneities on technological damage of concrete is presented in article.**

### *Литература*

1. Соломатов В.И. Полиструктурная теория композиционных строительных материалов / Соломатов В.И., Выровой В.Н., Бобрышев А.Н. и др. – Ташкент: ФАН, 1991. – 345 с.
2. Прангишвили И.В. Системные закономерности и системная организация / Прангишвили И.В. и др. – М.: «Синтег», 2004. – 208 с.
3. Могилевский В. Д. Методология систем: (вербальный подход) / Могилевский В. Д. – М.: Экономика, 1999. – 251с.
4. Выровой В.Н. Композиционные строительные материалы и конструкции. Структура, самоорганизация, свойства / Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г. – Одесса: Изд-во «ТЭС», 2010. – 169 с.
5. Выровой В.Н. Бетон в условиях ударных воздействий / Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Фиц С.Б. – Одесса: Внешрекламсервис, 2004. – 270 с.
6. Матурана У. Древо познания: Биологические корни человеческого понимания / У. Матурана, Ф. Варела – М.: Изд-во «Прогресс - Традиция», 2001. – 224с.
7. Коробко О.А. Роль деформаций в «жизни» бетона / О.А. Коробко, В.Г. Суханов, В.Н. Выровой, В.Ю. Тофанило // Известия КГАСУ. – Казань, 2014. – С.114-121.  
Тофанило В.Ю. Роль собственных деформаций бетона в обеспечении работы конструкций / В.Ю. Тофанило, О.А. Коробко, В.Н. Выровой // Вісник ОДАБА. – Одеса, 2014. – Вип. 55. – С. 370-376.