

УДК 691.32

## СВОЙСТВА МАТЕРИАЛА И ФУНКЦИИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Суханов В.Г.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
Украина*

В ряде работ [1, 2, 3, 4, 5] проанализированы основные физико-механические процессы организации структуры строительной конструкции как открытой сложной динамической системы. Анализ позволил сделать вывод, что различные по механизму действия процессы и явления, характерные для различных подсистем, вызывают появление и развитие всей гаммы структурных элементов. Подчеркнута созидающая и разрушающая роль активных элементов как в поддержании гомеостаза системы, так и ее гибели при неблагоприятном действии окружающей среды. Кроме того показано, что формирование локальных и интегральных очагов и полей остаточных деформаций в значительной степени определяет характер развития и взаимодействия как на уровне элементов структуры подсистем, так и на уровне системы. Можно предположить, что структурная организация материала предопределяет структурное оформление изделия или конструкции и определяет тем самым в значительной степени ее функциональные свойства. Это определило задачу исследований – проанализировать роль материала в процессах формирования структуры конструкции. Ниже приведены результаты 1-ого этапа исследований, позволившие оценить взаимовлияние свойств материала и его структурных элементов.

В качестве объекта изучения и анализа приняты бетонные и железобетонные изгибаемые элементы прямоугольного сечения 10 x 15 см, длиной 120 см, с коэффициентами формы  $K_f = 1$  и 0,997, изготовленные из тяжелого бетона класса по прочности на сжатии В25 и марки по водонепроницаемости W6.

Для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик изгибаемого элемента подбирается состав бетона с учетом требуемой подвижности бетонной смеси и марки цемента.

Полученный бетон данного класса характеризуется определенной, присущей только этому составу, структурой при принятых способах уплотнения бетонной смеси и режимов твердения. Достаточно задать

иные условия формования, использовать цемент другого вида и марки, изменить крупность заполнителя и т.п., чтобы изменились соотношения (массовые или объемные) между составляющими бетонной смеси при достижении требуемого класса бетона. Изменение состава предполагает определенные структурные изменения бетона при условии сохранения на постоянном уровне значений прочности при сжатии.

Методы абсолютных объемов позволяют получать бетоны заданных прочностных показателей и других регламентируемых свойств при различных соотношениях исходных составляющих. Это предполагает, что одинаковые заданные свойства можно получать, используя бетоны с различными структурами. При этом могут отличаться не только параметры одинаковых по виду структурных элементов, но и сами элементы структуры.

Каждое индивидуальное свойство можно получить при помощи достаточно большого набора различных структурных составляющих (рис. 1, а).

С одной стороны это значительно расширяет рецептурно-технологические возможности проектировщиков составов бетонов, но, с другой стороны, не дает возможность прогнозировать способность определенных структур обеспечивать сохранность свойств на допустимом уровне в процессе действия эксплуатационных нагрузок.

Набор структур для обеспечения получения бетонов одновременно с двумя свойствами (например, прочность и водостойкость) требуемого уровня сокращается (рис. 1, б).

Еще больше сокращается количество структурных вариантов при получении бетонов с достаточно большим набором заданных свойств (например, прочность, плотность, водонепроницаемость, морозостойкость, истираемость) (рис. 1, в).

В этих случаях стоит задача проектирования структур, которые не только обеспечивают проявление заданного комплекса свойств, но и обладают способностью, путем собственного трансформирования, обеспечивать поддержание свойств на требуемом уровне при действии на конструкцию, как систему, эксплуатационных нагрузок. Принятие обоснованных технико-экономических решений по рациональному выбору структурных составляющих бетонов, к которым предъявляется комплекс требований и которые функционируют в сложных эксплуатационных условиях, достаточно сложная задача. Анализ условий эксплуатации строительных объектов различного назначения и процессов, которые происходят в бетонах при воздействии на конструкции окружающей среды, позволил выдвинуть предположение,

что в период эксплуатации различные по виду элементы структуры реагируют на внешние раздражители с различной скоростью. По скорости отклика на воздействия структурные элементы классифицированы на активные, метастабильные и консервативные.

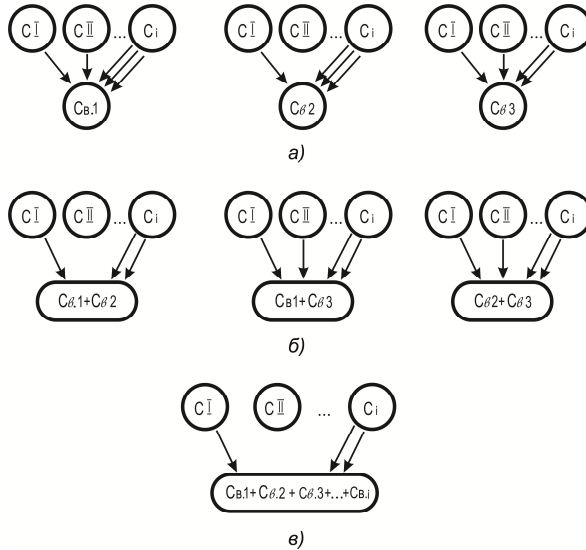


Рис. 1. Принципиальная схема «соответствия» структур с различными параметрами индивидуальным заданным свойствам:  
 а – набор структур, обеспечивающих проявления требуемого индивидуального свойства; б – структуры, обеспечивающие проявления различных заданных свойств;  
 в – набор структур, позволяющий получить заданный набор свойств

Принципиальный характер трансформации различных по виду структурных изменений материала при активном функционировании конструкций представлен на рис. 2.

Изменение метастабильных и консервативных структурных элементов в процессе эксплуатации конструкции происходит достаточно медленно и, как правило, не достигает предельных значений, при которых конструкция не способна выполнять поставленную цель. Даже если предположить потерю защитных функций бетона по отношению к арматуре или изменение геометрии за счет отколов фрагментов конструкции, то это связано с локальными нарушениями целостности материала за счет изменения параметров активных элементов структуры. Активные элементы, адекватно реагируя на внешние и

внутренние воздействия, находятся в непрерывном изменении до образования и развития трещин разрушения.

В зависимости от вида эксплуатационного воздействия образование трещин разрушения может наступить в различные по длительности временные интервалы,  $\tau_1 \neq \tau_2$  (рис. 3, а, б).

Одновременное воздействие нескольких по виду нагрузок (например, увлажнение и температурные воздействия) могут привести к ускоренному процессу достижения критического размера эксплуатационных трещин (рис. 3, в). При этом  $\tau_3 < \tau_1, \tau_2$ .

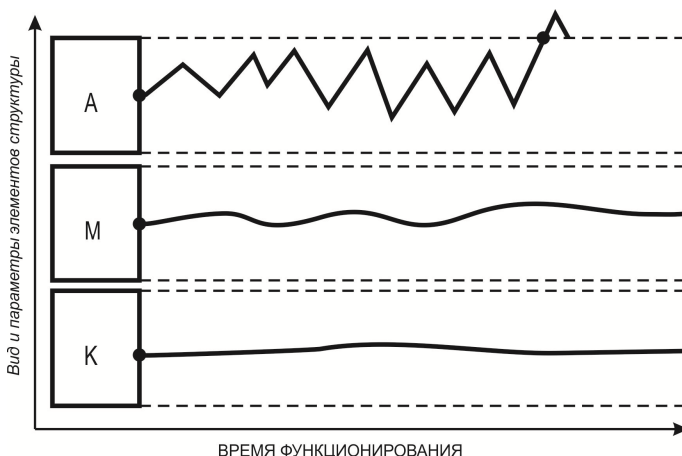


Рис. 2. Характер изменения параметров элементов структуры в период функционирования конструкции:

— — — — — допустимые границы изменений параметров элементов структуры;

————— изменения параметров элементов структуры.

А, М, К – активные, метастабильные и консервативные структурные элементы соответственно

Не исключены ситуации, при которых комплекс внешних воздействий может привести к процессам, которые будут тормозить развитие опасных для системы трещин эксплуатации. Это вызовет продление периода активного функционирования конструкций до  $\tau_4 > \tau_1, \tau_2$  (рис. 3, в).

Таким образом, выполнение основных функций конструкцией в требуемый интервал времени в значительной степени зависит от способности активных элементов структуры материала поддерживать гомеостаз всей системы.

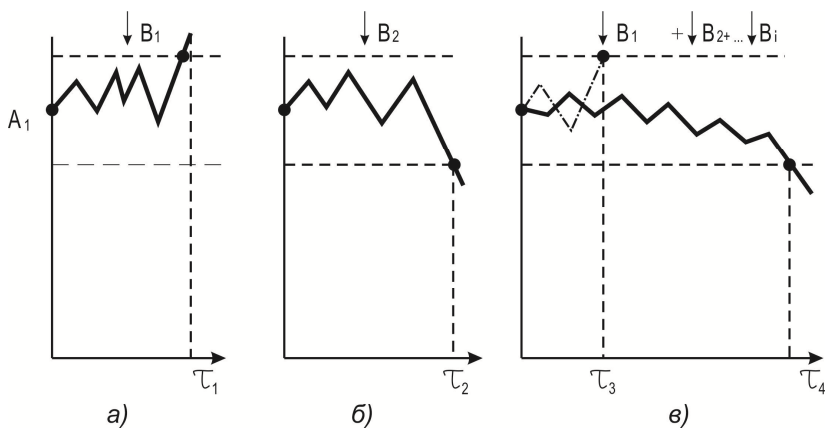


Рис. 3. Критические изменения параметров активных элементов структуры в период функционирования конструкции:

$B_1, B_2, B_i$  – вид внешних (эксплуатационных) воздействий.

а, б – индивидуальные по виду воздействия окружающей среды;

в – совместные действия разных по виду воздействий

Жизненный путь любых систем, включая конструкцию как систему, состоит, как известно, из периода становления ( $\tau_r$ ), активного функционирования ( $\tau_n$ ) и гибели или разрушения ( $\tau_r$ ) (кривая 1, рис. 4). При этом подчеркивается, что свойства системы, особенно открытой, должны находиться в допустимых пределах ( $C_1$  и  $C_2$ ), что обеспечивает работоспособность системы. Как правило, свойства характеризуются определенным набором усредненных параметров, по которым можно оценить состояние системы. Проведенный анализ показал, что при одинаковом уровне того или иного свойства существует множество несхожих структур, которые обеспечивают этот уровень свойств (рис. 1). Известно, что гибель конструкции как системы связана с ее разрушением. Разрушение, по определению, представляет собой разделение материала на отдельные фрагменты противоположными берегами трещин. В свою очередь трещины представляют собой самостоятельный, крайне локализованный структурный элемент, который не учитывается и методически не определяется на уровне оценки средних показателей качества материала. Таким образом установить причинную связь между количеством и параметрами

трещин и изменением свойств не представляется возможным. Это предполагает, что в период функционирования конструкции в материале могут возникнуть такие структурные изменения (кривые 3 и 4, рис. 4), которые приведут к разрушению конструкции гораздо раньше нормируемого срока ( $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ) при сохранении свойств системы на нормируемом уровне.

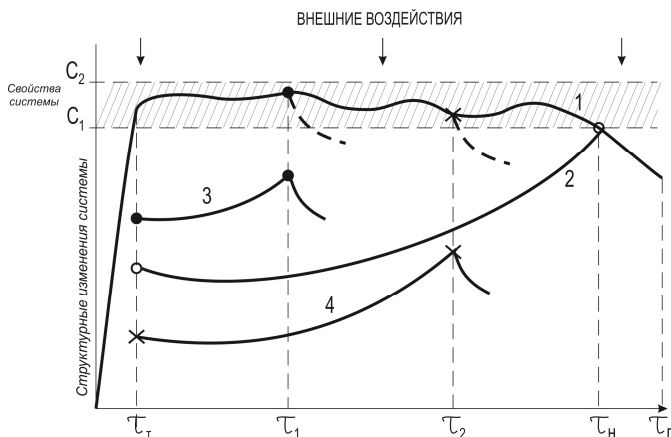


Рис. 4. Жизненные циклы конструкции как открытой сложной динамической системы:

- 1 – нормируемый период ( $\tau_n$ ) функционирования конструкции;
- 2, 3, 4 – структурные изменения материала конструкции в период ее функционирования;  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  – периоды преждевременной гибели системы

### **Выводы**

Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что обеспечение свойств материала конструкций на требуемом уровне не гарантирует безопасное функционирование конструкции в течение нормируемого периода времени. В силу того, что одинаковый уровень свойств можно достичь при различных структурных оформлениях материала, то стоит задача назначения рецептурно-технологических параметров, которые дают возможность направленно синтезировать такие структуры, которые могут противостоять негативному воздействию среды эксплуатации. К основным структурным элементам, определяющим как сохранность материала, так и его разрушение, следует отнести активные элементы.

## **Summary**

**In the article were analyzed the material properties and functions of the structural elements.**

## *Литература*

1. Выровой В.Н. О некоторых особенностях описания структуры бетона как сложноорганизованного материала. / В.Н. Выровой, Т.В. Острая, В.Г. Суханов, А.Н. Гергега // Международный конгресс «Наука и инновации в строительстве» SIB-2008 «Современные проблемы строительного материаловедения и технологии». – 2008. – Т. 1, кн. 1 (А-Н). – С. 82-86.

2. Суханов В.Г. Моделирование структуры материала конструкций как открытых самоорганизующихся систем. / В.Г. Суханов, В.Н. Выровой // Материалы к 47 международному семинару по моделированию и оптимизации композитов – МОС 47 «Компьютерное материаловедение и прогрессивные технологии. – Одесса, 2008. – С. 201-202.

3. Выровой В.Н. Структура материала строительных конструкций. / В.Н. Выровой, В.Г. Суханов, В.С. Дорофеев // Сборник научных трудов «Строительные конструкции». – К.: НИИСК, 2009. – С. 44-51.

4. Суханов В.Г. Особенности структуры железобетонных конструкций каркасно-монолитного домостроения. / В.Г. Суханов, В.Н. Выровой, А.С. Чернега, А.В. Елькин, Л.И. Резникова. // Ресурсоэкономные материалы, конструкции, здания и сооружения. - Ровно, 2011. - Вып. 22. - С. 743-748.

5. Выровой В.Н. Моделирование конструкций как сложных систем. / В.Н. Выровой, В.С. Дорофеев, В.Г. Суханов // Вестник ОГАСА. - 2007. - №28. - С. 64-70.

