

УДК 666: 519.8

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К КОНСТРУКЦИИ КАК ОТКРЫТОЙ СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

INTEGRATED APPROACH TO THE BUILDING STRUCTURES AS TO AN OPEN COMPLEX DYNAMIC SYSTEM

В.Н. Выровой, В.Г. Суханов, А.С. Чернега (Одесская государственная академия строительства и архитектуры)

V. Vyrovoy, V. Sukhanov, A. Chernega (Odessa State Academy of Building and Architecture)

Авторами статьи предложен новый подход к строительной конструкции как к открытой сложной динамической системе, обладающей рядом специальных свойств, рассматриваемых с точки зрения системного анализа. Данный подход позволит уже на этапе проектирования строительных конструкций учесть структуру материала и его способность к самоорганизации и адаптации на всех этапах существования конструкции. Предлагается, выделив в качестве элементов структуры стабильные, метастабильные и активные составляющие, на этапе производства конструкции регулировать нормируемые характеристики материала, обеспечивая через изменение которых сохранение требуемых свойств в заданный период эксплуатации.

Ключевые слова: конструкция, самоорганизация, адаптация, структура материала.

ВВЕДЕНИЕ

Строительство – это сфера человеческой деятельности, в которой материализуются плоды усилий представителей трех основных специальностей – архитекторов, конструкторов, технологов-материаловедов. Это понятно, т.к. итогом завершеного строительного процесса является здание – сооружение (архитектурный образ которого создан архитектором), состоящее из конструкций (рассчитанных конструктором), которые выполнены из материалов (изготовленных согласно рекомендациям технологов-материаловедов).

Несмотря на явную и объективную, в связи с этим, необходимость профессионально-творческого содружества и взаимодействия специалистов этих трех специальностей с начального момента (замысла, идеи, создания строительного объема), сейчас их связь между собой хоть и существует, но представляет собой последовательную цепочку объединенных в пары, но разъединенных по времени включения в работу и существующих в различных темпоритмах, специалистов: «архитектор – конструктор»; «конструктор – материаловед».

Основная задача авторов статьи – представить конструкцию как открытую сложную динамическую систему, способную через свойственные ей механизмы самоорганизации адаптироваться, приспособляясь к меняющимся условиям эксплуатации. Это позволяет на базе уже сложившихся на современном этапе узкоспециальных, точечных представлений у архитекторов, конструкторов, материаловедов дать расширенное представление о конструкции как о специально организованном в архитектурно-пластические рациональные формы материале.

Для архитекторов конструкция - это некий формообразующий элемент, который должен решать не достаточно конкретные (для технического специалиста) задачи архитектурно-художественного и эстетического плана, находясь в объемно-пространственной системе органично созданного образа здания или сооружения.

Для конструкторов конструкция - это часть здания или сооружения, которая должна обладать набором свойств, обеспечивающих ее надежную и безопасную эксплуатацию (функционирование) в заданных условиях для конкретных нагрузок и воздействий внешней среды в составе объемно-планировочной системы, созданной архитектором.

Для технологов-материаловедов конструкция - это материал, которому придана некая конструктивная форма, и который должен иметь определенный набор свойств и качеств, обеспечивающих, в первую очередь, основные показатели, заданные конструктором (прочность,

модуль упругости, плотность и др.), а также показатели, позволяющие изготовить конструкцию в заданных технологических условиях либо в специально формируемых условиях, которые диктуются основными показателями.

Таким образом, в своем профессиональном единстве «архитектор – конструктор – технолог-материаловед» должны образовывать триаду, заменяющую показанную выше цепочку дихотомических пар, т.е. единство трех лиц, иначе говоря – систему взаимодействующих, взаимосвязанных, взаимозависимых элементов, содружество которых должно обеспечить наиболее эффективное использование конструкции как базового элемента, являющегося частью более сложной системы – здания или сооружения.

В существующих методах расчета, которыми пользуются конструкторы при проектировании конструкций, заложена гипотеза (модель) о сплошности строения материала – бетона, как твердого тела, позволяющая использовать зависимости механики деформируемого твердого тела (рис. 1, Блок А.)

Согласно этой гипотезе тело представляется непрерывным (без дефектов, нарушения сплошности, пор, полостей, трещин) как до деформирования, так и после него. Такая модель предполагает естественное ненапряженное состояние, т.е. отсутствие начальных или остаточных деформаций. Причем непрерывность распространяется на любые сколь угодно малые объемы тела (дискретная, атомистическая структура вещества не учитывается).

Гипотеза о сплошности по существу является не столько физической, сколько математической, т.к. позволяет представлять деформации и напряжения прямыми функциями координат.

При оценке инженерных свойств материалов принято выделять оформленные в образцах определенные их объемы в предположении, что свойства отдельных составляющих нивелируются. Это позволяет описывать сплошную среду усредненными характеристиками (континуальный подход).

В основе изучения поведения тел как сплошных сред был принят феноменологический подход (первичность экспериментальных данных). Исследования по выбору свойств материалов, принятие методов их количественной оценки также базировались на эксперименте, и полученных на его основе усредненных показателей.

Благодаря многим поколениям ученых, начиная с Галилео Галилея, Роберта Гука, Исаака Ньютона, Михаила Ломоносова и заканчивая нашими современниками, были разработаны, апробированы и реализованы основные методы оценки свойств материалов, предложены методы и

алгоритмы расчета конструкций зданий и сооружений, которые сохранились и даже эксплуатируются многие десятилетия и даже столетия. Вместе с тем уже давно установлен факт зависимости конечных свойств материала (бетона) от его структуры.

Установить причинную связь между свойствами, принятыми для сплошной, т.е. неструктурированной среды, и структурой материала в рамках существующей системы понятий, взглядов, теорий, методов (т.е. существующей парадигмы) невозможно, т.к. понятие «структура» не формализовано, не выделены элементы структуры, которые «отвечают» за проявление тех или иных свойств, и т.п.

Благодаря работам А. Гриффитса установлено, что разрушение материалов определяется наличием в них трещин (количеством, ориентацией и видом дефектов). Установлено, что дефекты, включая трещины, следует рассматривать как элементы структуры, которые способны проходить весь жизненный цикл: рождение, старение, рост или укрупнение, завершение своего развития.

В работах Ю.В. Зайцева [1] со ссылкой на предшественников подробно рассмотрены и проанализированы вопросы механики разрушения различных материалов, в том числе бетонов различной структуры, железобетона, металла, древесины и др.

Относительно новое научное направление – механика разрушения – основывается на представлении среды с трещиной. Таким образом, сплошность и континуальность среды нарушаются при сохранении основных свойств, определенных для непрерывных сред.

Нельзя сказать, что «специалисты-расчетчики» отвергают факт наличия структуры в материале (бетоне). В работах Н.И. Карпенко [2] выделяются свойства структуры бетона, важные, по его мнению, для механики. В частности, им рассматриваются два основных элемента структуры – цементно-песчаный раствор (матрица) и включения в него – зерна крупного заполнителя. Матрица рассматривается как квазинепрерывная компонента по объему и прерывная (дискретная) компонента – крупный заполнитель.

Выделяются также еще два важных фактора: свойства контактной зоны (границы раздела) и «дефекты в структуре бетона», т.е. не «элементы структуры», а «дефекты структуры». В частности, на уровне макроструктуры выделяются:

- а) трещины в матрице и на границе раздела;
- б) крупные поры и капилляры;
- в) пустоты под зернами крупного заполнителя;
- г) разрыхленная порами структура цементного камня и др.

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К КОНСТРУКЦИИ КАК ОТКРЫТОЙ СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

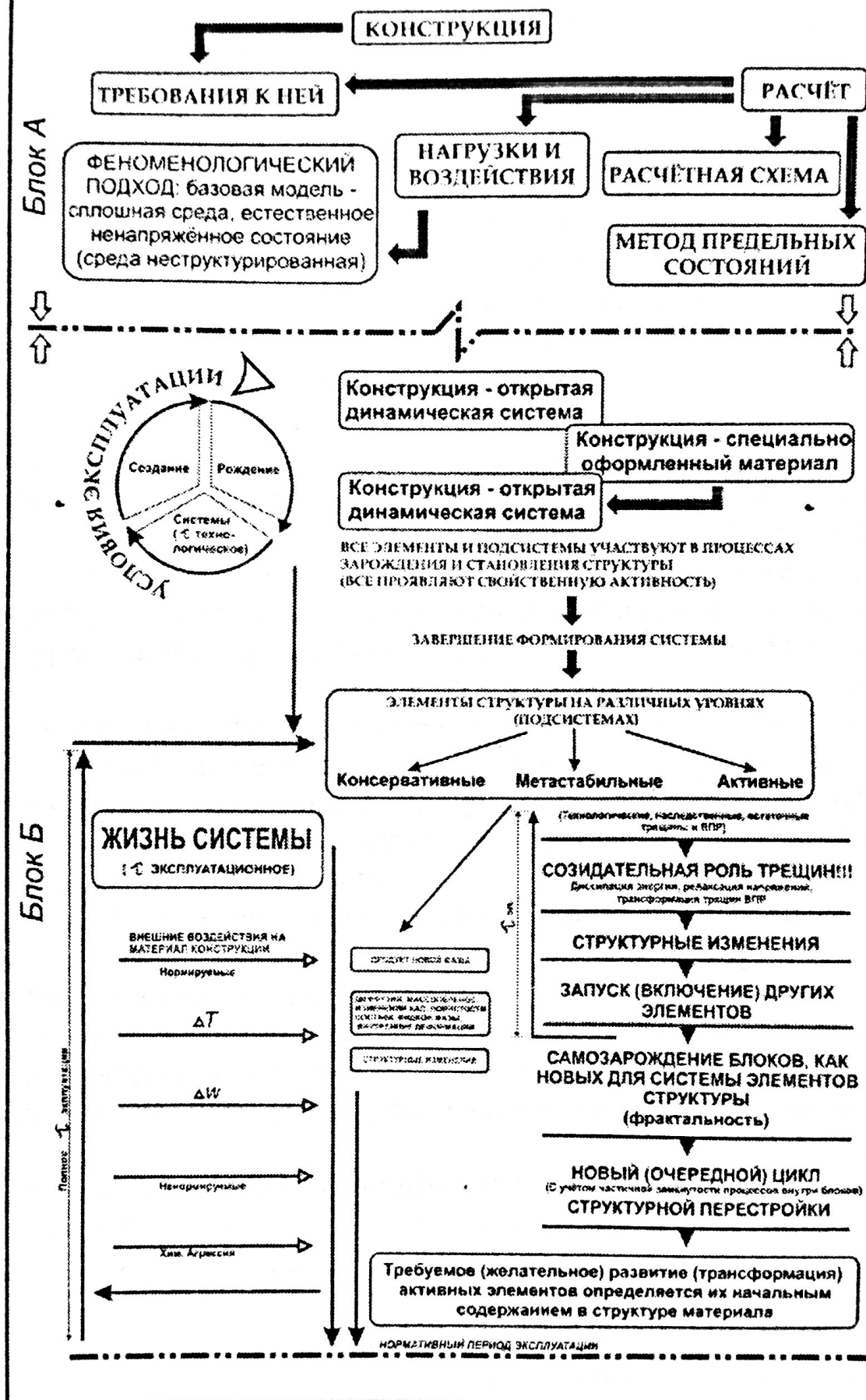


Рисунок 1. Принципиальная схема комплексного подхода к конструкции как открытой сложной динамической системе

На уровне мезоструктуры и микроструктуры также выделяются дефекты структуры соответствующего масштабного уровня. Таким образом, очевидны явные несоответствия свойств сплошной среды свойствам бетона: локальная неоднородность; трещиноватость; геометрическая нелинейность; физическая нелинейность; нарушение физической непрерывности даже в малом; вероятностный характер факторов, влияющих на механические свойства бетона (сплошной среде приписывают детерминированные свойства).

Далее автором[2] предлагается вариант пути преодоления различий между идеальной сплошной средой и бетоном. Предлагаемый вариант не меняя концепции подхода к расчетным предпосылкам, позволяет, используя современные вычислительные средства и методы (прежде всего МКЭ), рассчитывать конструкции с учетом наличия некоторых элементов структуры материала бетона. Ограниченность этого пути, как и его эффективность очевидны и определяются: в первом случае – суженным подходом к оценке структуры бетона, которая рассматривается на макроуровне и в которой не выделены основные структурообразующие элементы; во втором случае – все-таки как-то учесть наличие структуры бетона непосредственно в расчете конструкции.

Все это ставит задачу изучения поведения материала (в данном случае бетона) при действии на конструкцию эксплуатационных нагрузок и воздействий.

А если подойти к этой проблеме иначе? Например, представить строительную конструкцию как систему определенного вида и функционального назначения, в свою очередь являющейся частью более сложной системы (здания, сооружения) (см. рис. 2,1)

В работах по методологии системного анализа[3] выделяются 4 признака, наличие которых в объекте позволяют рассматривать его как систему. Это:

- целостное образование совокупности элементов;
- наличие устойчивых связей (отношений) между элементами системы;
- наличие интегративных свойств в объекте (несводимость свойств системы к индивидуальным свойствам отдельных элементов);
- наличие в системе определенной организации (структуры), которая обеспечивает согласованное функционирование элементов системы.

Все эти признаки присутствуют в строительных конструкциях конструкции, что позволяет рассматривать конструкцию как открытую динамическую систему (см. рис. 1, Блок Б).

Из схемы, приведенной на рис. 2.1, видно, что с внешней средой взаимодействует сама система как некая целостность, а также ее структурные элементы. При этом следует учитывать взаимовлияние системы и ее составляющих друг на друга, а также взаимодействие структурных элементов между собой. Поэтому к внешним воздействиям на структурные элементы и их группы следует отнести и их взаимовлияние друг на друга. Все это свидетельствует о том, что конструкция является сложной системой и, в целом, ее можно рассматривать как открытую сложную динамическую систему (ОСДС).

В общем случае выделяют 3 этапа существования открытых систем (см. рис.2.11).

I этап – создание, становление и развитие системы: увеличение порядка, рост организованности всей совокупности элементов системы; появление новых функциональных качеств. На этом этапе целесообразно говорить о процессе самоорганизации системы.

• II этап – этап зрелости системы; спонтанные процессы внутренней перестройки создают структуру на I этапе, после чего конструкция, как система, выполняет свою функцию, обеспечивая заданный (нормируемый) уровень свойств в постоянном взаимодействии с окружающей средой, что может вывести ее из равновесного состояния. Следовательно, для безопасности функционирования система должна обладать свойствами адаптации, которые на данном этапе реализуют себя через продолжающиеся процессы самоорганизации.

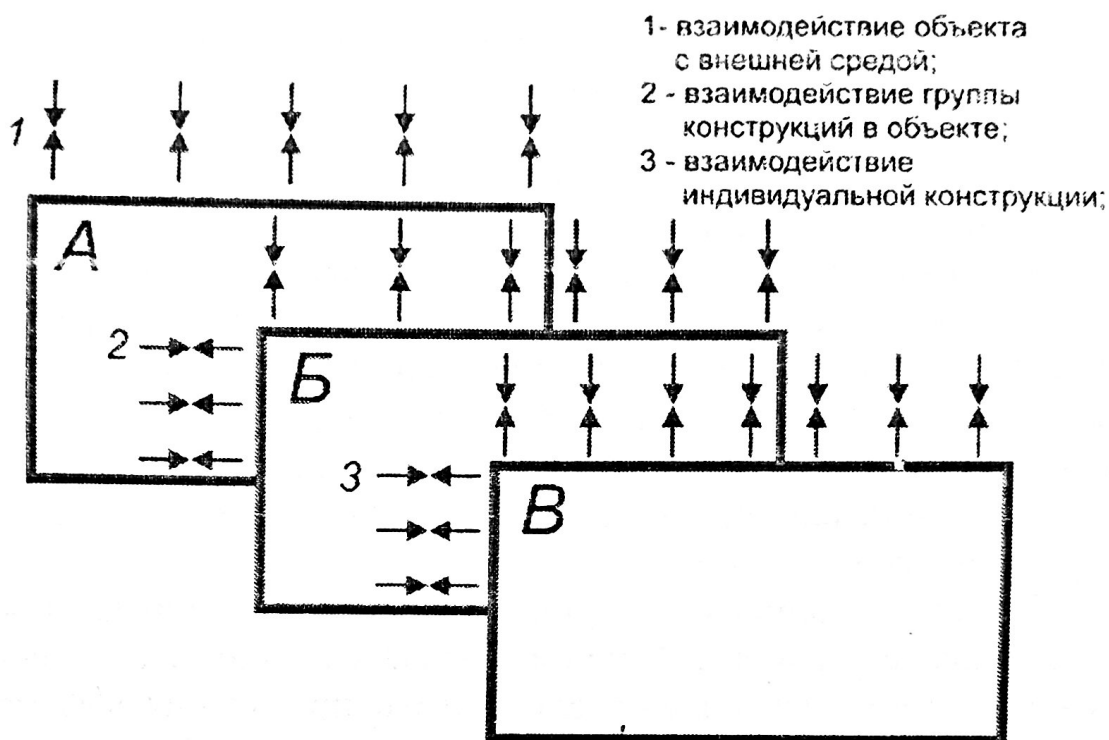
III этап – деградация (гибель) – разрушение (1-ая группа предельных состояний – исчерпание несущей способности), либо отсутствие возможности нормальной эксплуатации (2-ая группа предельных состояний – непригодность к нормальной эксплуатации).

Гибель системы (строительной конструкции) должна наступать не раньше, чем она закончит свое функционирование в заданный период времени в соответствии с заданной категорией долговечности. Способность открытых систем, а, следовательно, и строительных конструкций сохранять основные структурные элементы в период активного функционирования (II этап) закладывается на этапе создания и становления системы (I этап), этапе, который очень непродолжителен по сравнению со II и III этапами (см. рис. 2.11).

Это ставит в качестве первоочередной задачу анализа и изучения конструкций в начальный период их существования, т.е. на I этапе, в так называемый технологический период – период получения материала и оформления его в требуемые конструктивные формы.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И АНАЛИЗА: СТРОИТЕЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ

I. Принципиальная схема



А - сложный объект (конструкция) - как открытая система
Б - группа конструкций
В - индивидуальная система

II. Схема "жизни" открытой системы (конструкции)

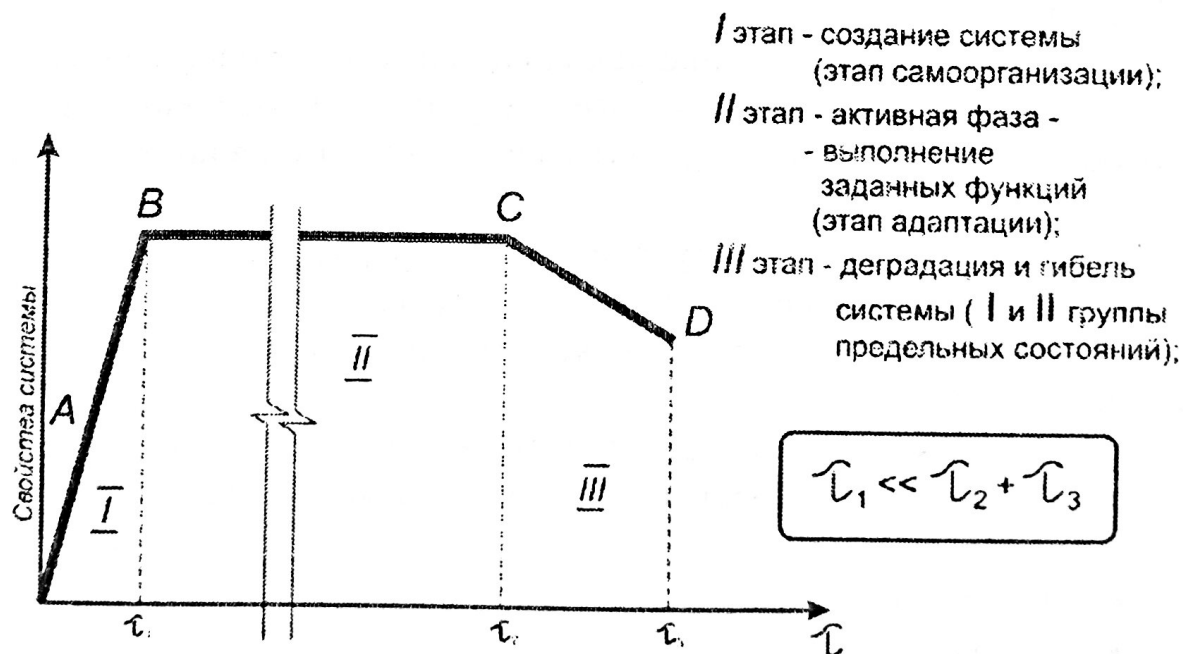


Рисунок 2. Строительная конструкция как открытая сложная динамическая система

В этот период закладываются основные элементы структуры, обеспечивающие всей конструкции нормируемые характеристики, а также структурные элементы, через изменение которых обеспечивается сохранение требуемых свойств в заданный период эксплуатации.

Определение таких разномасштабных и разнообразных элементов является важной технологической задачей. Выделенные структурные элементы (составляющие) должны обеспечить проявление механизмов собственной самоорганизации, и самоорганизации групп элементов, оформленных в подсистемы на различных масштабных уровнях, а также самоорганизацию всей системы в целом.

Кроме того, самоорганизация должна привести к таким структурным перестройкам, при которых способны проявляться явления адаптации.

Адаптация применительно к материалам на минеральном вяжущем может происходить за счет изменения их качественного и количественного состава или за счет изменения структурных элементов и их параметров. Так как в данном случае мы рассматриваем конструкцию на этапе эксплуатации, адаптация может проявить себя только за счет изменения структурных элементов

Для определения структурных элементов, которые способны менять свои параметры под действием комплекса эксплуатационных нагрузок и воздействий окружающей среды с целью проявления эффектов адаптации, следует рассмотреть структуру конструкции. Для этого необходимо принять модель структуры конструкции, рассматривая ее как ОСДС.

Принятый феноменологический подход не позволяет в полной мере описать модель структуры конструкции. Поэтому следует выделить наиболее существенные элементы структуры, которые обеспечивают сохранение требуемых свойств конструкций в период ее активной службы (II этап).

Представим конструкцию как специально оформленный материал. Это позволяет утверждать, что все структурные особенности материала автоматически входят в структуру конструкции и являются неотъемлемой его частью.

В силу того, что структура материала формируется в технологический период создания конструкции (I этап), то следует учитывать влияние геометрических особенностей конструкции на формирование свойств материала[4].

Авторами выделены 3 группы элементов структуры бетона как композиционного строительного материала, которые названы:

- консервативными
- метастабильными
- активными.

Консервативные элементы практически не меняют свои свойства в процессе эксплуатации (II этап), к ним рекомендуется отнести:

1. Крупные и мелкие химические инертные заполнители и их распределение в материале.
2. Количественный и фракционный состав крупных и мелких заполнителей.
3. Армирующие элементы (при отсутствии электрохимической коррозии).
4. Габаритные размеры конструкции.
5. Количество и распределение по размерам пор и капилляров.

Метастабильные элементы являются более активными, к ним относятся:

1. Количество и качественный состав продуктов новообразований (для материалов на основе минерального вяжущего).
2. Количество и щелочность поровой жидкости.
3. Состояние поверхностей раздела между отдельными компонентами или структурами.

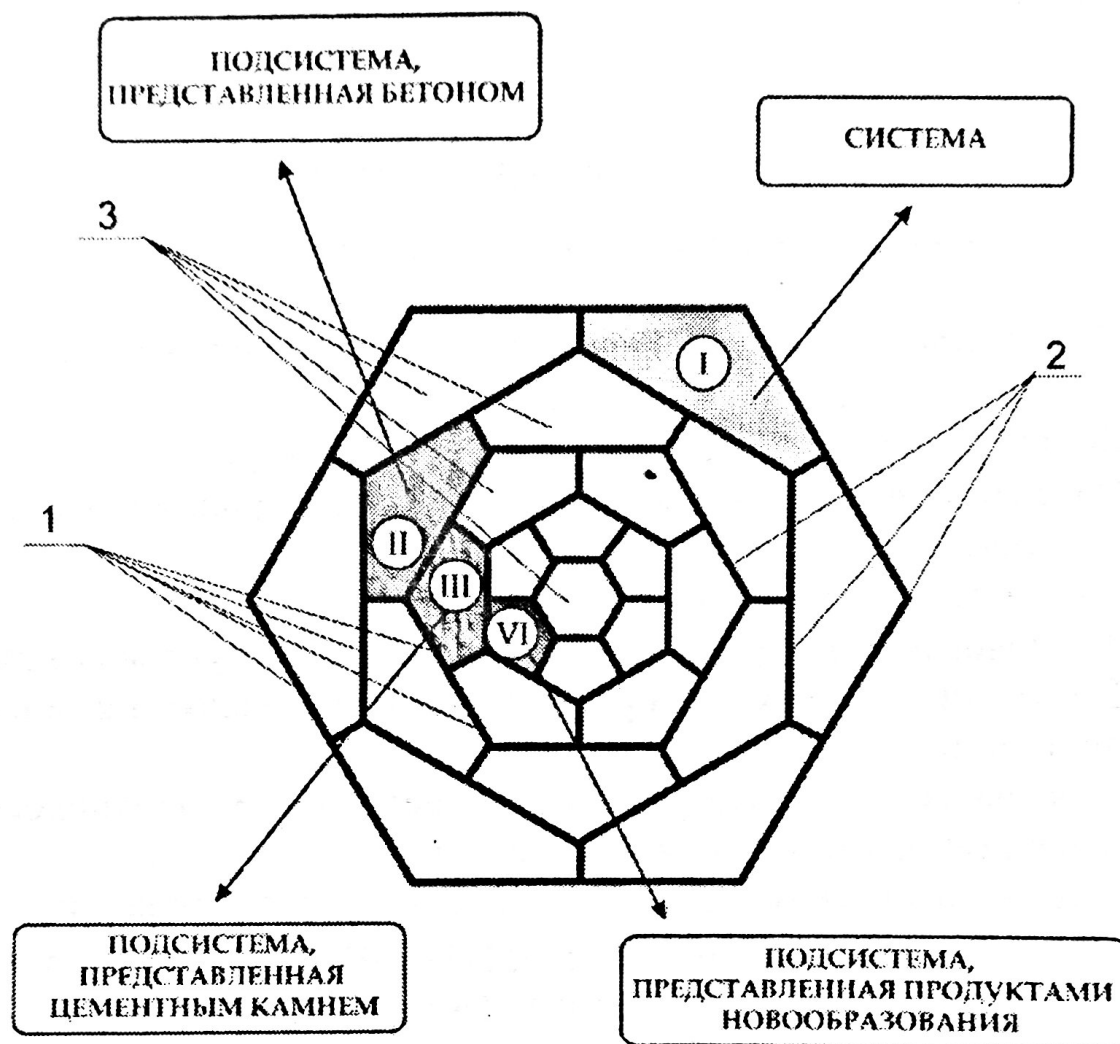
Активные элементы структуры это:

1. Технологические трещины на всех масштабных уровнях материала.
2. Внутренние поверхности раздела между отдельными компонентами или структурами.
3. Локальные и интегральные остаточные (технологические, наследственные) деформации и напряжения.

На технологическом этапе создания, становления и развития конструкции на организацию ее структуры влияют все элементы.

После достижения требуемого набора свойств изменение параметров консервативных элементов практически не происходит. Однако это не означает, что они остаются пассивными в случае внешних и внутренних источников изменения состояния системы: При неизменяющихся собственных параметрах, консервативные элементы могут провоцировать перераспределение объемных деформаций между отдельными подсистемами и в самой системе. На модели структуры конструкции как открытой сложной динамической системы, которая показана на рис.3, показаны активные элементы структуры конструкции как системы(I) и выделение подсистем на уровне бетона (II), цементного камня (III) и продуктов новообразований (IV).

МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ КОНСТРУКЦИИ, КАК ОТКРЫТОЙ СЛОЖНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ (ОСДС)



- 1 - технологические трещины в различных подсистемах и в системе в целом;
- 2 - внутренние поверхности раздела на уровне подсистем и системы;
- 3 - структурные блоки в отдельных подсистемах и в самой системе;

Рисунок 3. Модель конструкции как открытой сложной динамической системы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высказанные положения, базирующиеся на анализе работ наших коллег, наших собственных разработок, позволяют, представив конструкцию как открытую сложную динамичную систему, более полно реализовывать совместные усилия конструкторов и технологов (материаловедов), направленные на дальнейшее раскрытие потенциальных свойств материала в конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зайцев Ю.В., Окольников Г.Э., Доркин В.В. Механика разрушения для строителей. – М.:МГОУ, 2007. – 215 с.
2. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. – М.: Стройиздат, 1976. – 208 с.
3. Могилевский В.Д. Методология систем.– М.: Экономика, 1999, – 251 с.
4. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г. Композиционные строительные материалы и конструкции: структура, самоорганизация, свойства. – Одесса, 2010. – 160 с.
5. Прагнашвили И.В. Системный подход и общественные закономерности. – М.: СИНТЕГ, 2000. – 528 с.
6. Выровой В.Н. Моделирование конструкций как сложных систем / Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г.// Вестник ОГАСА, вып. 28, – Одесса: Внешрекламсервис, 2007. – с. 64-70.
7. Выровой В.Н. Структура материала строительных конструкций / Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г., Чернега А.С.// Будівельні конструкції, вип. 72, – Київ: ДП НДІБК, 2009. – с. 44-51.
8. Броек Д. Основы механики разрушения. – М.: Химия, 1981. – 208 с.
9. Мороз Л.С. Механика и физика деформаций и разрушения материалов. – Л.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
10. Чернявский В.Л. Адаптация абиотических систем: бетон и железобетон. – Днепропетровск: ДНУЖТ, 2008. – 412 с.