

## КОНЦЕПЦИИ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА ПРИ АНАЛИЗЕ РОЛИ МАТЕРИАЛА В КОНСТРУКЦИИ

Суханов В.Г., к.т.н., проф.

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса*

Системный подход рассматривает объекты как системы, под которыми понимается множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом (т.е. взаимодействующих) и образующих определенную целостность, обладающую своими, только ей присущими свойствами.

Использование системного подхода при анализе роли материала в конструкции имеет совершенно конкретную мотивировку и объяснение, логическая обоснованность которых приводится ниже и, по сути, является основной целью данной статьи.

1. В результате протекания качественно разных явлений и процессов на различных уровнях структурных неоднородностей в материале конструкций возникают и развиваются одинаковые элементы структуры – трещины и внутренние поверхности раздела, которые, являясь активными элементами структуры, одновременно характеризуют поврежденность материала.

2. Установлено, что геометрические особенности конструкции (форма и габаритные размеры) вызывают характерное только для этой конструкции поле остаточных деформаций [1,2]. Это провоцирует образование различных структур на разных уровнях структурных неоднородностей, которые присущи только этой конструкции. То есть, структура бетона одного состава будет различной в конструкциях с различными геометрическими параметрами.

3. Особенно это проявляется при действии на конструкции эксплуатационных нагрузок и воздействий, в частности, таких как многократное увлажнение и высыхание, попеременное замораживание и оттаивание, которые, как показывают исследования [3], влияют на поврежденность материала, а, следовательно, на его свойства, и, что особенно важно, на качество конструкции.

Для того чтобы оценить структурные изменения материала и, следовательно, изменения свойств конструкции их целесообразно пред-

ставить в виде определенной целостности, что возможно в рамках системного подхода.

Любой объект, в том числе и конструкцию, можно рассматривать как систему при наличии признаков, указанных ниже в таблице 1 [4,5].

Таблица 1

*Необходимые признаки системы*

| № п/п | Признак и его описание  | В выделенном объекте - «строительная конструкция» (отметка о наличии) |
|-------|---|---|
| 1     | 2   | 3   |
| 1     | Целостное образование совокупности специализированных элементов                                       | +   |
| 2     | Ориентация объекта как целостного образования на выполнение определенных функций и достижение цели    | +   |
| 3     | Наличие устойчивых связей между элементами  | +   |
| 4     | Наличие интегративных свойств у совокупности рассматриваемых элементов                                | +   |
| 5     | Наличие новых свойств у элементов, ранее отсутствовавших до объединения их в систему                  | +   |
| 6     | Наличие определенной организации (структуры), обеспечивающей согласованное функционирование элементов | +   |

В соответствии с общепринятой классификацией систем [4,5] выделенную систему «строительная конструкция» можно рассматривать как:

- открытую (взаимодействие с окружающей средой);
- сложную (множество элементов – подсистем);
- динамическую (наличие активных и метастабильных элементов структуры [6]).

Приняв «конструкцию как открытую сложную динамическую систему» для её исследования с использованием системного анализа, необходимо выполнить следующие процедуры:

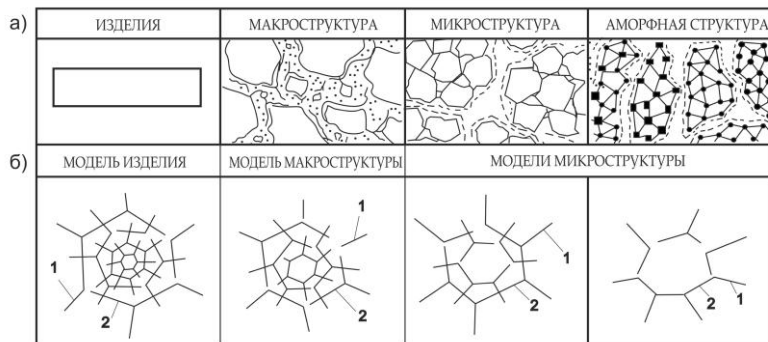
1. Определить основные критерии целесообразного действия системы и принять основные допущения и ограничения.
2. Определить главные факторы, влияющие на систему.
3. Принять модели системы.
4. Оптимизировать действия системы по достижению цели.

5. Создать схемы управления системой.

6. Обеспечить безопасность системы.

Так как система «строительная конструкция» является сложной и многогранной, для её изучения понадобится множество моделей. Ограничением по количеству моделей может служить функциональное назначение системы с определением требуемых свойств. Для описания системы как некой целостности (интегральной структуры) требуется принять модели элементов системы (локальных структур, образованных по несхожим механизмам). При этом следует учитывать, что свойства систем формируются путем взаимодействия их элементов (подсистем), уровень свойств которых отличается как между собой, так и от свойств системы.

По мнению специалистов, общее содержательное описание систем является вербальным [7]. Смысл его состоит в описании неформализованных структурных элементов системы и связи между ними. Вербальное описание является первым шагом в познании сложных систем и позволяет определить составляющие (элементы) системы, которые обеспечивают проявление требующих свойств. Таким образом выявляется структура системы.



*Рис.1. Модель структуры полиструктурного материала и конструкции из него: а – модели в виде набора различных структурных составляющих; б – модели в виде определенного набора технологических трещин и внутренних поверхностей раздела (1 – технологические трещины; 2 – технологические внутренние поверхности раздела)*

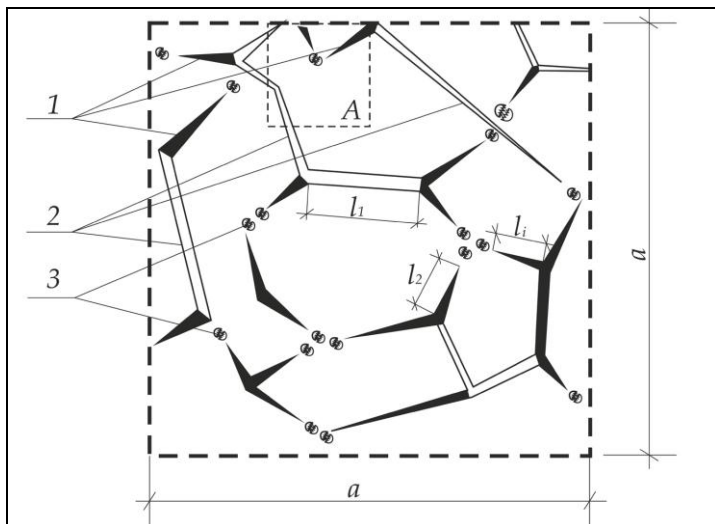


Рис. 2. Фрагмент модели структуры конструкции как открытой сложной динамической системы: 1 - технологические трещины; 2 - внутренние поверхности раздела; 3 - зоны концентрации деформаций и напряжений у устья технологических трещин

Итак, рассматривая строительную конструкцию как сложную открытую динамическую систему рис. 1 и 2, выделим для анализа железобетонный изгибаемый элемент, как представителя наиболее часто встречающегося класса железобетонных строительных конструкций (балки, плиты покрытия, перекрытия, перемычки и др.), находящегося в достаточно сложном напряженном состоянии при действии внешних нагрузок и воздействий.

Основное функциональное назначение (цель) выделенной для анализа системы – «строительная конструкция – изгибаемый железобетонный элемент»: гарантировать в течение заданного срока обеспечение способности восприятия внешних нагрузок и воздействий, не разрушаясь и при деформациях, не превышающих определенные, предельно допустимые нормами, значения.

Для выделения отдельных структурных элементов системы и подсистем необходимо разработать структуру конструкции.

Выделяем в конструкции как системе в качестве элементов структуры подсистемы и их иерархию.

Для дальнейшего описания сложной системы «строительная конструкция» проводим её декомпозицию, то есть поэтапное выделение составляющих конструкцию подсистем, затем поэтапное выделение

составляющих подсистем с определением существенных для данного уровня структурных элементов. Это позволит разработать модели структуры отдельных подсистем и модели самой конструкции.

На рис. 1 и 3 показаны выделенные в результате декомпозиции следующие подсистемы:

1. Подсистема в виде строительной конструкции, в которой материал представлен как сплошная непрерывная среда с распределенными в ней армирующими элементами. Модель – расчетная схема в рамках феноменологического подхода.

2. Подсистема в виде границы раздела (контакта) бетона с арматурой.

3. Подсистема в виде бетонов различных видов и составов, которые сами являются сложноорганизованными и способны выполнять комплекс заложенных в них функций. Модель структуры этой подсистемы – структурные ячейки различных видов. На этом уровне структура называется «макроструктурой».

4. Подсистемы в виде вяжущих различных типов, видов, способов схватывания и твердения, которые, являясь сложноструктурированными, в значительной степени определяют свойства материалов конструкций (бетона) и самих конструкций. Структуры на этих уровнях называются «микроструктурами» и «аморфными структурами».

Таким образом, декомпозиция строительной конструкции как системы позволила в первом приближении представить её модельное выражение в виде структуры (подсистем), обеспечивающей выполнение целевого назначения (функций)\* всей системы в целом и отдельных подсистем в частности.

Существование различных по виду, количественному и качественному составу и назначению подсистем обеспечивает целостность и предназначение конструкции как системы. Можно предположить, что практически каждая выделенная подсистема (начиная с подсистемы – «бетон») содержит в своей структуре определённый набор консервативных, метастабильных и активных элементов. Роль этих элементов в формировании структур подсистем на различных уровнях в данной статье не рассматривается – это вопрос, требующий отдельного рассмотрения.

---

\* Для обеспечения выполнения конструкцией своих функций необходимо, чтобы каждая подсистема:

1. Обладала набором заданных свойств.
2. Трансформировала эти свойства в свойства конструкции путём внутренних взаимодействий, как между отдельными структурными элементами каждой подсистемы, так и между самими подсистемами.

## ***Выводы и рекомендации***

Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы и высказать следующие предложения и рекомендации:

1. Анализ механизмов организации всех рассмотренных выше подсистем системы «строительная конструкция» показал, что практически в каждой подсистеме самозарождаются активные элементы в виде трещин и внутренних поверхностей раздела.

2. Учитывая, что разрушение строительной конструкции происходит через развитие трещин, предлагается включить в модели каждой подсистемы (начиная с подсистемы «бетон») и конструкции как системы определенный набор трещин и внутренних поверхностей раздела.

3. Такой подход позволит, проанализировав роль активных элементов в структуре материала конструкций, решить задачу обеспечения безопасного функционирования конструкции путём «улучшающего вмешательства».

### **SUMMARY**

**Assessing the role of material to provide structure in order to execute a function is considered from the standpoint of sound management systems approach, which allows to present design as an open complex and dynamic system. It also gives the opportunity to describe verbally its formalized structural elements and connections between them.**

1. Шейнич Л.А., Пушкарева Е.Н. Процессы самоорганизации структуры строительных композитов. – Киев: Гамма – Принт, 2009 – 146 с.

2. Острая Т.В., Суханов В.Г., Выровой В.Н., Дорофеев А.В. Роль остаточных деформаций в организации структур строительных материалов и конструкций. Сб. научных трудов «Современные строительные конструкции из металла и древесины». Часть 1, ОГАСА. Одесса 2008. – с.218 – 224.

3. Сильченко С.В. Изменение поврежденности цементного камня в условиях многократного увлажнения и высушивания /С.В. Сильченко, В.Н. Выровой, Л.И. Резникова, В.С. Дорофеев // Вісник ОДАБА. – 2005. - №20. – с.148 – 154.

4. Системный анализ и принятие решений: Словарь – справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова – М.: Высшая школа. 2004 – 616 с.

5. Прагишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. – М.: СИНТЕГ, 2000 – 528 с.

6. Выровой В.Н., Дорофеев В.С., Суханов В.Г. Композиционные строительные материалы и конструкции: Структура, самоорганизация, свойства. – Одесса – 2010 – 169 с.

7. Могилевский В.Д. Методология систем: Вербальный подход. – М.: Экономика, 1999. – 251 с.

# ИЗГИБАЕМЫЙ Ж/Б ЭЛЕМЕНТ-КОНСТРУКЦИЯ, КАК СИСТЕМА СТРУКТУРА КОНСТРУКЦИИ



## ПОДСИСТЕМЫ - ИЕРАРХИЯ ПОДСИСТЕМ (КАК ЭЛЕМЕНТ СТРУКТУРЫ)

Декомпозиция систем и подсистемы

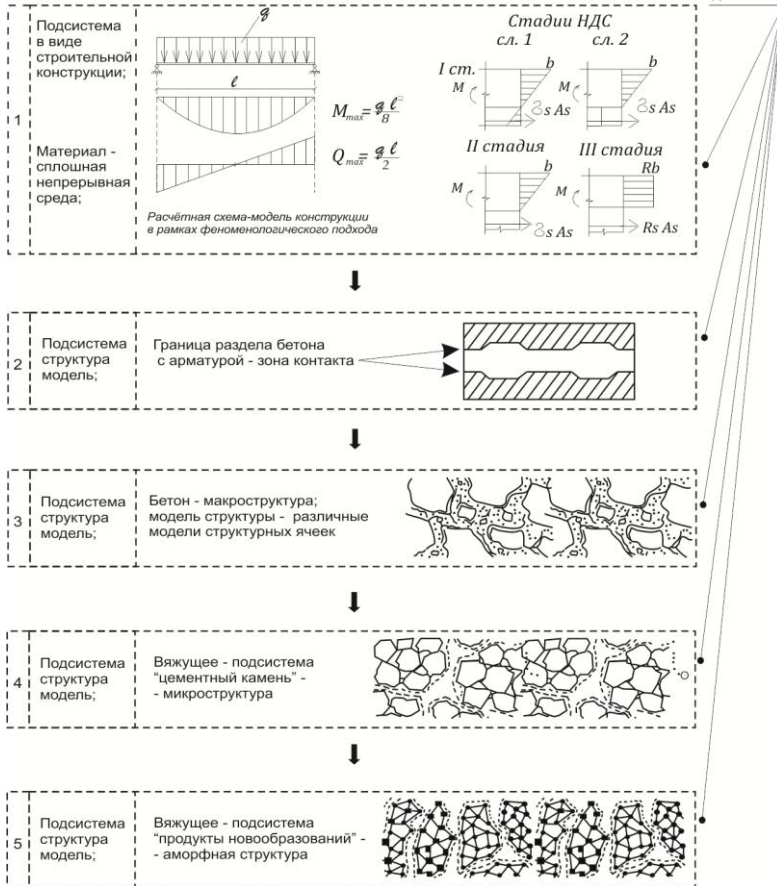


Рис. 3. Структура конструкции