

## КОНЦЕПЦИЯ АКТИВНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

### THE ACTIVE FORM-MAKING CONCEPTION OF BUILDING STRUCTURES

*д.т.н., профессор, почетный член РААСН* Абовский Н.П.

*к.т.н., доцент* **Деордиев С. В.**

*д.т.н. профессор, академик РАЕН* **Инжухтов И. С.**

*д.т.н., профессор, член-корр. РААСН* **Енджиевский Л. В.**

*к.т.н., доцент* **Палагушкин В. И.**

*к.т.н., доцент* **Марчук Н.И.**

*Инженерно-строительный институт Сибирского федерального университета г. Красноярск*

*Dr. Sc. in Engineering, Professor* Abovskiy N. P

*D.S.in Engineering, Assoc. Prof.* **Deordiyev S. V.**

*Dr. Sc. in Engineering, Professor* **Inzhutov I. S.**

*Dr. Sc. in Engineering, Professor* **Endzhiyevsky L. V.**

*D.S.in Engineering, Assoc. Prof.* **Palaguskin B. I. D.**

*D.S in Engineering, Assoc. Prof.* **Marchuk N.I.**

В данной статье описана концепция активного формообразования строительных конструкций, которая опирается на совместное творческое содружество архитектора и строителя с обеспечением органической связи архитектуры и конструкций при удовлетворении требований рационального использования материалов, экономичности, технологичности, удобства производства работ, надежности и безопасности конструкции.

This paper describes the active form-making conception of building structures, which relies on a joint creative community of architect and builder with providing organic connection of architecture and designs while gratification of requirements of the rational materials using, economy, technology, manufacturing convenience, reliability and safety of the structures.

## **Основные положения**

Под концепцией активного формообразования архитектурно-конструктивных систем понимается:

- выбор универсального пространственного композитного строительного элемента, позволяющего формировать разнообразные полносборные здания, сооружения, в том числе большепролетные покрытия, стеновые конструкции и фундаментные платформы;
- управление напряженно-деформированным состоянием данных формообразований с целью повышения эффективности зданий и сооружений (облегчение веса, повышение прочности, жесткости, устойчивости, живучести, безопасности конструкции);
- учет внешней среды, включая адаптацию и преобразование энергетических воздействий в целях создания эффективных условий эксплуатации формообразованных зданий и сооружений;
- учет научно-технического прогресса в проектировании зданий и сооружений (возведение зданий нового типа в виде замкнутой многосвязной системы, включающей в себя пространственные покрытия, стены и фундамент и позволяющей осуществлять строительство на слабых грунтах, в сейсмических зонах);
- повышение живучести зданий и сооружений, способных выдержать недостаточно определенные сейсмические и другие воздействия внешней среды;
- разработка трансформируемых, адаптивных зданий и сооружений с подвижными (раздвижными) конструкциями покрытий и стен (их конструкции формуются из унифицированных пространственных элементов);
- обучение активному формообразованию на основе физического и компьютерного моделирования пространственных систем, составленных из унифицированных элементов;
- создание нового типа учебных заданий, состоящих из двух частей: *анализа и синтеза*.

## **Обоснование концепции активного формообразования и достигаемые эффекты**

Выбор унифицированного пространственного композитного строительного элемента соответствует принципам расчленения систем на отдельные повторяющиеся элементы и их композиционного сочленения в системном образовании, аналогично тому, как это имеет место в природе.

Достаточно вспомнить строение цветков, кристаллов, кораллов и др., которые состоят из однотипных элементов.

Таким образом, принцип выделения строительного элемента не является чем-то надуманным, а представляет собой реализацию бионического подхода к созданию архитектурных антропогенных искусственных систем.

Унифицированный пространственный элемент представляет собой, например, тонкую железобетонную плиту (или оболочку), подкрепленную шпренгелем пространственного типа из металлических стержней. Элементы стыкуются в углах с помощью закладных деталей, а пространственные шпренгеля – между собой. Таким образом, соединенные элементы образуют многосвязную, пространственную, геометрически неизменяемую систему [1].

Концепция активного формообразования конструкций и зданий выражает гармоничную связь между архитектурным проектированием и эффективным инженерным конструированием. Она проявляется в том, что в выбранном унифицированном пространственном элементе из комбинированных материалов при достигнутой архитектурной выразительности реализуются условия выгодной работы каждого из материалов: бетонные плиты – на сжатие, металл шпренгеля – на растяжение. При этом достигается возможность конструирования из выбираемых строительных элементов различных пространственных объемов: прямоугольных, сферических, цилиндрических, конических, гиперболических и др. форм и их комбинаций.

Каждому из унифицированных элементов можно поставить в соответствие целые специфические классы объемного формирования.

Унифицированные пространственные элементы могут создаваться из комбинаций различных материалов, например пластины из стекла и алюминия, асбестоцемента и металла, дерева и металла и многих других композитных сочетаний.

### **Управление напряженно-деформируемым состоянием**

Управление напряженно-деформированным состоянием пространственных формообразованных систем позволяет перевести их в разряд автоматически управляемых конструкций. Управление напряженно-деформированным состоянием охватывает стадии создания, проектирования, эксплуатации и разрушения объекта [2].

Этот подход отвечает современному развитию конструкций на основе синтеза ряда наук: архитектурно-строительного проектирования, механики, кибернетики, электроники, теории автоматического управления и др.

Авторы имеют ряд патентов и создали научно-образовательный комплекс «Управляемые конструкции и системы», включающий уникальный учебный класс действующих управляемых моделей.

Физическое моделирование применяется при проведении лабораторных экспериментов для анализа напряженно-деформированного состояния проектируемых конструкций. Оно способствует развитию творческого мышления и инженерной интуиции, а также достижению наибольшей архитектурной выразительности будущих объектов. В ходе таких экспериментов синтезируются архитектурные и конструктивные интересы создателя данных систем. Изучая специальный курс, студенты обучаются в специальном классе управляемых моделей конструкций: они выясняют эффективные возможности создания трансформируемости и управляемости сооружений.

Данное направление создает творческие возможности для обучения молодых специалистов как создателей, которые могут подчинять создаваемые творения желаемым условиям.

### **Практическая оптимизация**

В данной концепции синтезируются теоретический и экспериментальный подходы, причем в многоцикловом процессе. Расчетные теоретические результаты подвергаются экспериментальным проверкам, физическому моделированию, в результате чего конструкции проходят последующую доводку и совершенствуются на соответствующих этапах их создания. Этой работе предшествует творческий поиск формообразования конструкций, в которых закладывается основополагающая идея будущей эффективности. Этот предваряющий практическую оптимизацию этап работы не поддается какой-либо формализации, является искусством, творческим изобретением.

Хорошим примером работы по практической оптимизации, изложенной на Всероссийском семинаре по оптимизации [1], является разработка новых сборных пространственных сталежелезобетонных конструкций покрытия [1,2].

Генеральная идея такого формообразования включала следующее:

- трехгранный сборный пространственный строительный элемент, который использовался как инвариантная часть многообразных конструкций;
- каждая часть строительного элемента (тонкая ребристая железобетонная плита и пространственный металлический шпренгель) ставилась в выгодные условия работы по свойствам материала (железобетон – в основном на сжатие, металл – на растяжение, причем обеспечивалось совмещение несущих и ограждающих функций).

В задачу оптимизации входил компьютерный эксперимент поиска эффективной схемы тонкой ребристой плиты, достаточно легкой, чтобы обеспечить гармоничную работу строительного элемента с под-

крепляющим металлическим шпренгелем (тяжелая железобетонная плита могла перегрузить металлическую часть и вызвать перерасход материалов).

Одновременно решался вопрос об обеспечении надежности узлов соединения тонкой плиты с металлическими стержнями. Требовались технологичность, типизация и, конечно, надежность. В результате серии натурных экспериментов и опыта строительства была оценена эффективность расчетных и конструкторских решений, а также технологичность изготовления и монтажа конструкции и ее надежность

### **Здания замкнутого типа**

Традиционное проектирование зданий, в которых фундаментная часть не имеет обратной связи с надфундаментным строением, сталкивается с большими трудностями при строительстве на слабых грунтах, в сейсмических зонах. Эти сложности преодолеваются при создании полносборных зданий замкнутого типа из унифицированных элементов, включающих в себя пространственный фундамент.

В связи с тем, что соединение нескольких унифицированных пространственных элементов создает новую, геометрически неизменяемую подсистему, сборка всей конструкции может осуществляться методом последовательного присоединения (наращивания) таких элементов с использованием простейших приспособлений или крупными блоками. Любая образованная таким образом часть системы может перемещаться как единое, геометрически неизменяемое целое.

Этот принцип положен в основу создания трансформируемых (раздвижных) конструкций пространственных покрытий, стен и частей зданий, что позволяет лучшим образом приспособлять создаваемые здания и сооружения к различным сезонным и климатическим условиям, а также подчинять функциональным требованиям запроектированных зданий и сооружений и повышать их живучесть при неблагоприятных внешних воздействиях.

### **Литература**

1. Абовский, Н.П. Формообразование строительных конструкций ; монография / Н.П. Абовский [и др. ]. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013.- 184 с.

2. Современные аспекты активного обучения. Строительная механика. Теория упругости. Управление строительными конструкциями: уч. пособие с грифом УМО / Под ред. проф. Абовского Н.П. / Н.П. Абовский, Л.В. Енджиевский [и др.]. 3 изд. перер. и доп. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2008.- 407 с.