

## ТРУБОБЕТОН КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ В РАМКАХ ОРГАНИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

*Чугунова Мария Алексеевна, магистрантка 3-го курса  
кафедры «Транспортное строительство»  
ФГБОУ ВО СГТУ имени Гагарина Ю.А., г.Саратов  
(Научный руководитель – Овчинников И.Г., д-р техн. наук, профессор)*

На сегодняшний день умы инженеров и архитекторов определенного направления занимает инновационное направление в строительстве – бионика. В литературе мы так же можем встретить такой термин, как биомиметика (от лат. bios - жизнь, и mimesis - подражание), который имеет значение - подход к созданию технологических устройств, при котором идея и основные элементы устройства заимствуются из живой природы.

В этом смысле научный интерес конструкторов, дизайнеров и архитекторов к законам формообразования и использование в этих направлениях идей и форм природы, живой и неживой, предстает достаточно закономерным и обусловленным. Живая природа в процессе развития стремится к органической целесообразности существования, связанным с минимальным расходом строительных материалов, времени и энергетических ресурсов. Такая направленность и целесообразность природных форм, как мы видим, и привела к возможности применения законов формообразования в развитии и жизнедеятельности объектов природной среды с точки зрения технической, технологической и конструктивной в искусственных сооружениях, создаваемых рукой человека, находящегося с природой в имманентном биологическом родстве.

Закономерности формирования природных объектов из тонко натянутых нитей (например, паутина), или конструкции из нитей с натянутыми мембранами между ними, перепончатые конечности водоплавающих птиц, крылья летучих мышей и др. послужили прообразом в процессе создания разнообразных конструкций мостовых сооружений на гибких тросах и вантах. Применение принципа вантовых сооружений, как было выявлено учеными в процессе проектирования, показало себя как наиболее эффективное техническое решение для перекрытия сооружений с большим пролетом - «висячие покрытия». В 1953 г. Р. Б. Фулер приводит информацию о научных разработках простейших пространственно-стержневых структур, в которых все стержни соединяются не друг с другом, а на основе вантовых конструкций. При создании подобных фигур Фулер вывел и основной принцип работы этих конструкций - «давление прекращается - растяжение продолжается», на давление работают стержни, на растяжение ванты[1].

У истоков активного развития в применении конструкций из трубобетона мы считаем появление монотрубной системы. Проф. В. А. Росновским была предложена идея использования одной тонкостенной стальной трубы в качестве

элемента конструкции мостов. Стальная труба должна быть заполнена бетоном, что нашло свое применение в ряде проектов, реализованных ученым. В.А. Росновский показал преимущества применения трубобетона по сравнению со стандартными решениями.

В.А. Росновский предложил различные мостовые конструкции с применением именно этого подхода, а впоследствии по одному из этих проектов был возведен железнодорожный мост через р. Исеть неподалеку от г. Каменск-Уральский (Рис. 1). Пролетное строение представляет собой две сквозные серповидные арочные фермы пролетом 140 м, стрелой подъема  $f = 21.91$  м, высота ферм на среднем участке – от  $\frac{1}{4}$  до  $\frac{3}{4}$  пролета, на концевых участках пояса сближаются к опорным узлам, расстояние между фермами 7 м ( $\frac{1}{20}$  пролета), длина панелей ферм 6,083 м. Надарочные стойки выполнены из трубобетона диаметром 529x8 мм.



Рисунок 1 – Фото с сайта <http://www.top-kirov.ru/unikalnye-proekty-gorodov-budushhego.php>, дата обращения 18.06.2017г.)

Трубобетон - универсальное решение для климатических условий России. Трубобетон может служить идеальным решением для использования в условиях вечной мерзлоты. Так же, это лучшее решение для болотистых почв и зон наводнений. Исследователи считают, что трубобетон – это один из безопасных вариантов в зонах высокой сейсмичности, оптимальный выбор при строительстве в горах.

Трубобетон - универсальное решение для строительства современной инфраструктуры России, будь то небоскребы, спортивные или развлекательные комплексы, мосты или эстакады.

Как известно, разрушение зданий и сооружений может происходить при сильном землетрясении. И, конечно же, не только от горизонтальных сейсмических сил, как это считалось до сих пор, но и от гравитационных сил. Это вес сооружения и вертикальная составляющая землетрясения, действующие

на сооружения, уже имеющие сейсмические повреждения и горизонтальные перемещения. Поэтому, преимуществом трубобетонных конструкций мы считаем их способность выдержать сейсмические воздействия в горизонтальном и вертикальном направлениях без разрушения. Трубобетонные сооружения очень надежны в процессе всего жизненного цикла. В предельном состоянии такие конструкции не теряют несущую способность одновременно, в сравнении с конструкциями из железобетона, а еще достаточно долгое время способны выдерживать нагрузку. Исходя из результатов испытаний, проведенных В.А. Долженко, В.А. Росновского, Л.И. Стороженко и др. получен вывод о том, что получая большие деформации, трубобетонный стержень и дальше может нести серьезную нагрузку[2].

Значительный вклад в развитие технологии трубобетона и расчета конструкций внесли отечественные ученые: А.А. Долженко[3], [4], [5], А.И. Кикин[6], Р.С. Санжаровский, Л.И. Стороженко, А.Л. Кришан, М.Я. Бикбау[7], А.В. Курочкин и др.. Эти ученые определили положительные и отрицательные стороны в применении трубобетона при строительстве сооружений большой высоты.

Существуют примеры конструкций с использованием трубобетона, включая и мостовые конструкции.

Например, в 2010 году был построен мега-мост «Manaus-Iranduba», пересекающий Амазонку, длина которого составила 3,5км. В этом проекте трубобетон нашел свое применение в опорах, спроектированных как массивные стойки из трубобетона. Упомянутый выше мост связал крупные города Северной/Северо-восточной Амазонки с районом Южной Амазонки (Рис. 3).



Рисунок 3 – Общий вид моста «Manaus-Iranduba» через реку Амазонка  
Фото с сайта <http://www.top-kirov.ru/unikalnye-proekty-gorodov-budushhego.php>,  
дата обращения 17.06.2017г.)

Прочность бетонного ядра, стесненного стальной оболочкой как обоймой, повышается приблизительно в 2 раза по сравнению с бетоном без обоймы. Многочисленные исследования выявили, что, вместо ожидаемой усадки, происходит набухание бетона в трубе и его расширение, сохраняющееся на протяжении многих лет, что создает благоприятные условия для его работы. Эффект «разбухания» характерен для бетона, не только заключенного в стальную трубу, но и изолированного любым другим способом от окружающей среды. Причиной эффекта разбухания является отсутствие влагообмена между бетоном и внешней средой[8]. Изоляция бетона от окружающей среды создает лучшие условия для прочностных характеристик бетона под нагрузкой. Исходя из полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что в неизолированный бетон со временем получает более серьезную степень деструкции при нагрузках, изолированный. Развитие микротрещин в неизолированном бетоне постоянно прогрессирует, у изолированного бетона при аналогичном напряжении оно полностью прекращается в первые 2 – 3 дня[9]. Заполнение стальной трубы бетоном помогает повысить ее противокоррозионную стойкость, защищая от коррозии внутреннюю поверхность трубы, уменьшая гибкость элементов, увеличивая местную устойчивость стенок трубы, повышая сопротивление оболочки вмятию в узлах сопряжений, равно как и при ударных воздействиях во время транспортирования и монтажа. Наружная поверхность трубобетонных конструкций примерно в 2 раза меньше, чем конструкций из профильного проката, вследствие этого у них меньше расходы по окраске и эксплуатации. На цилиндрических поверхностях задерживается меньше пыли и грязи, являющихся активизаторами процессов атмосферной коррозии, поэтому трубобетонные конструкции имеют повышенную коррозионную стойкость.

Полная стоимость сооружений из трубобетона значительно ниже стоимости аналогичных железобетонных и стальных. Меньшая масса трубобетонных элементов в сравнении с железобетонными облегчает их транспортирование и монтаж. Трубобетон экономичнее железобетона из-за отсутствия опалубки, кружал, хомутов, отгибов, петель, закладных деталей; он более вынослив, менее подвержен механическим повреждениям. Отсутствие распределительной и рабочей арматуры позволяет получить более высококачественную укладку жестких бетонных смесей.

Трубобетонные элементы эффективнее железобетонных и стальных конструкций. При замене железобетонных конструкций на трубобетонные значительно уменьшается расход бетона и металла за счет закладных деталей, почти вдвое снижаются трудозатраты, уменьшается вес конструкций.

С архитектурной точки зрения следует отметить эстетичный внешний вид трубобетонных колонн. Это придает зданиям и сооружениям, построенным из них, несколько большую выразительность.

Аналогия с живой природой, закругленные углы, плавные естественные линии, натуральные оттенки, природные материалы, легкость форм – вот основные особенности стиля бионика.

С течением времени через призму бионического подхода мы видим все больше и больше примеров того, что человеческие изобретения в большинстве своем позаимствованы из природных «патентов», существование которых проверено веками. Как логичный результат - именно бионический подход в проектировании зданий и сооружений с каждым днем становится одним из наиболее востребованных архитектурных течений во всем мире, имеющих в своем арсенале проектных решений наиболее органичные и естественные для человека решения по организации его жизнедеятельности.

Именно благодаря природным ресурсам инженеры и ученые получили бесчисленное множество вариантов заимствования технологий и идей. Благодаря современным техническим средствам и компьютерному моделированию, сегодня люди получили возможности разобраться более детально, как устроен окружающий их мир, постараться скопировать некоторые его детали в собственных целях, для технических нужд.

Так же нельзя не отметить, что широкому применению трубобетонных конструкций в России препятствует отсутствие отечественных нормативных документов по их расчету и проектированию не только для сейсмических районов, но и для несейсмических районов. Хотя прочность трубобетона изучалась многими исследователями на протяжении десятков лет, существующие методы расчета существенно отличаются друг от друга. В них не учитываются или учитываются не в комплексе свойства материалов, неполно отражаются основные особенности и специфика сопротивления трубобетона деформированию в зависимости от характера действующей нагрузки. Кроме того, открывается перспектива использования в трубобетонных колоннах высокопрочных бетонов, что так же позволит существенно снизить размеры поперечных сечений несущих конструкций, а следовательно и общие затраты на строительство.

Мультидисциплинарный подход в сфере проектирования наталкивает инженеров на поиск новых проектных решений. По сравнению с бионической философией в архитектурном проектировании и механическом проектировании, развитие бионического проектирования мостов далеко позади. В этой главе были рассмотрены некоторые последние проекты, чтобы выделить некоторые попытки, сделанные в этой сфере. Показано, как бионические методы могут помочь инженерам обращаться как к традиционным вопросам (эффективность, экономичность, изящность), так и к возникающим (устойчивость, использование энергии, и др.). Однако, отмечено что большинство завершенных проектов достигли только низкого или среднего уровня инспирации согласно биомиметрической карте Винсента. Трудности применения биомиметрических методов в мостостроении возникают вследствие неспособности поиска биологических аналогий и недостатка поддержки от исследователей в области биомиметрии в процессе проектирования. В современном мостостроении нам необходимо больше интересных идей в дизайне как стационарных мостов, так и подвижных.

## Литература:

1. Шнякина М.А., Овчинников И.Г. Использование идей бионического проектирования в формировании эстетического вида мостов// Магистратура – автотранспортной отрасли: материалы I всероссийской межвузовской конференции «Магистерские слушания». 27-28 октября 2016 г.; СПбГАСУ. – СПб.: НИЦ АРТ, 2017. – 462 с.: ил. с.66 – 71.
2. Аймагамбетова С.М., Дуванова И.А. Применение трубобетонных конструкций в современном строительстве // Материалы международной научно-практической конференции ч.1. Инженерно-строительный факультет. - СПб, 2012.
3. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. - М.: Трансжелдориздат, 1963.
4. Передерий Г.П. Трубочатая арматура. – М.: Трансжелдориздат, 1945. - 105 с
5. Скворцов Н.Ф. Прочность сталетрубобетона: дисс. ...докт. техн. наук. – М., 1953. – 45 с
6. Лопатто А.Э. Железобетон в машиностроении. – Одесса: Маяк, 1966.
7. Берг О.Я., Рожков А.И. Исследование неупругих деформаций и структурных изменений высокопрочного бетона при длительном действии сжимающих напряжений. Тр. ЦНИИС, вып.70, М., 1969. – С. 11-18.
8. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Чесноков Г.В., Михалдыкин Е.С. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Часть 4. Опыт применения трубобетонных свай с оболочкой из полимерных композиционных материалов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/148TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/148TVN615
9. Christopher D.P. Baxter, Antonio Marinucci, Aaron S. Bradshaw and Russell J. Morgan. Field study of composite piles in the marine environment // University of Rhode Island Transportation Center. URITC PROJECT NO. 536153. 2005.68 p.