Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian journal of transport engineering <http://t-s.today/>

2017, Том 4, №3 / 2017, Vol 4, No 3 <http://t-s.today/issues/vol4-no3.html>

URL статьи: <http://t-s.today/PDF/02TS317.pdf>

DOI: 10.15862/02TS317 (<http://dx.doi.org/10.15862/02TS317>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Караханян А.Б., Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Тимофеев В.В. Развитие основных принципов проектирования транспортных сооружений. Использование биомиметического подхода // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», Том 4, №3 (2017) <http://t-s.today/PDF/02TS317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/02TS317

For citation:

Karakhanyan A.B., Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Timofeev V.V. [Development of the basic principles for designing transport structures. Use of the biomimetic approach] Russian journal of transport engineering, 2017, Vol. 4, no. 3. Available at: <http://t-s.today/PDF/02TS317.pdf> (In Russ.) DOI: 10.15862/02TS317

УДК 624.042

Караханян Артур Барменович

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Россия, Пенза

Аспирант

E-mail: artur_karahanyan@mail.ru

Овчинников Игорь Георгиевич

Национально исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Балаковский инженерно-технологический институт (филиал), Россия, Балаково

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Россия, Саратов¹

ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, Пермь

Доктор технических наук, профессор

E-mail: bridgesar@mail.ru

Овчинников Илья Игоревич

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Россия, Саратов

ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»

Филиал в г. Сочи, Россия, Сочи

Кандидат технических наук, доцент

E-mail: bridgeart@mail.ru

Тимофеев Виктор Владимирович

ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Россия, Саратов

Аспирант

E-mail: timofeevvv@fad.ru

**Развитие основных принципов
проектирования транспортных сооружений.
Использование биомиметического подхода**

Аннотация. В статье рассматриваются общие тенденции в проектировании транспортных сооружений (мостов). Приводятся энергетические принципы формообразования конструкций, предложенные Н.П. Абовским. Затем приводятся сформулированные В.М. Фридкиным 12 принципов формообразования, рассматриваемых как критерии принятия решений при создании сооружения из набора некоторых известных и вновь создаваемых

¹ 410054, Саратов, Политехническая 77

конструктивных форм. Далее рассматривается применение биомиметики – метода создания сооружений путем заимствования идей у живой природы, с детальным анализом принципов устройства и функционирования объектов живой природы. Анализируется отличие бионики и биомиметики и отмечается, что биомиметика более активно и тем самым более эффективно развивается за рубежом, что подтверждается рядом примеров запроектированных и построенных пешеходных мостов. В нашей же стране примеры использования биомиметического подхода встречаются весьма редко, и это в основном концептуальные проекты, в которых при определенном желании можно обнаружить зачатки биомиметического подхода. Предлагаемая вниманию читателей работа и преследует цель заинтересовать проектировщиков, руки которых частично развязаны принятием закона «О техническом регулировании», возможностями бионического и биомиметического подходов к проектированию транспортных сооружений уникальных форм.

Ключевые слова: бионика; биомиметика; формообразование; мостовые сооружения; принципы формообразования; бионический подход

Введение

В настоящее время можно отметить следующие общемировые тенденции в проектировании и создании мостовых сооружений [1-7]:

- увеличение длины перекрываемых пролетов и самих мостовых сооружений;
- применение бионических и биомиметических подходов к поиску новых форм и конструктивных решений мостовых сооружений, опирающихся на достижения современной строительной науки;
- обеспечение большей живучести мостовых сооружений в условиях нарастающей террористической угрозы и возможных сейсмических и других природных воздействий на сооружения;
- применение современных компьютерно-ориентированных технологий проектирования мостовых сооружений, разработка методов оценки безопасности и экономической эффективности мостовых сооружений;
- совершенствование инженерной подготовки в высших технических учебных заведениях с целью выпуска специалистов, владеющих современными технологиями проектирования, строительства, эксплуатации, оценки безопасности и экономической эффективности.

Принципы формообразования Н.П. Абовского

Проблемам формообразования конструкций большое внимание уделял Н.П. Абовский [8, 9], который полагал, что эти проблемы имеют междисциплинарный характер и являются с одной стороны научными проблемами, а с другой стороны относятся к сфере творчества. При этом он подчеркивал, что «общие закономерности в науке формообразования еще не выявлены и не установлены». Абовским Н.П. предложено использовать энергетический подход к формообразованию конструкций, опирающийся на следующие принципы:

- **Принцип энергетической проводимости** через элементы системы от места приложения внешних воздействий к сооружению до мест опирания сооружения. Изменяя энергетическую проводимость сооружения можно управлять его поведением. Заметим, что эта идея высказывалась Р. Шенли еще в середине

прошлого века, когда он рассматривал сооружение как транслятор силовых потоков и рекомендовал так, проектировать сооружение, чтобы силовые потоки как можно быстрее достигали мест опирания.

- **Принцип энергетической защиты сооружения** от вредных внешних воздействий путем управления связями или введением специальных устройств между внешним воздействием и сооружением или же использованием дополнительного динамического противодействия. Для этого используются специальные защитные или изолирующие устройства (демпферы, гасители и так далее). При этом создаются сооружения, обладающие пониженной чувствительностью к неопределенным внешним отрицательным воздействиям.
- **Принцип перераспределения энергии деформирования** сооружения, путем включения в работу при необходимости малонагруженных частей сооружения и разгрузки сильно нагруженных частей.
- **Принцип преобразования части энергии внешнего воздействия** с целью увеличения сопротивления сооружения этому воздействию. Например, можно улавливать часть ветрового или водного потока на сооружение с помощью дополнительной конструкции и передавать усилия от него на основное сооружение в направлении, противодействующем внешнему воздействию.
- **Принцип предварительной энергетической зарядки** системы. Это принцип давно уже используется при создании предварительно напряженных конструкций.
- **Принцип автоматического управления сооружением** за счет притока внешней энергии. При автоматическом управлении поведением сооружения используются все вышеперечисленные принципы. В само сооружение вводятся специальные устройства – активаторы, которые при необходимости создают заранее определенное противодействие неprojektному поведению сооружения.

Принципы формообразования В.М. Фридкина

В определенной мере уникальном исследовании В.М. Фридкина [1] сформулированы 12 принципов формообразования, рассматриваемых как критерии принятия решений при создании сооружения из набора некоторых известных и вновь создаваемых конструктивных форм:

- **Принцип безопасности**, согласно которому сооружения должны разрабатываться, проектироваться и реализовываться с такими параметрами, которые необходимы для обеспечения технологической и экологической безопасности. Сюда же добавляется и необходимость систем мониторинга и управления состоянием сооружения.
- **Принцип конкуренции**, требующий рассмотрения разных конкурирующих вариантов конструктивных форм сооружения, обеспечивающих соблюдение принципа безопасности.
- **Принцип экономичности**, требующий обеспечения экономичности сооружения в принятой для него форме с учетом возможных сценариев поведения сооружения при эксплуатации и при обеспечении принципа безопасности.

- **Принцип энергоемкости**, требующий минимизации внутренней потенциальной энергии деформирования сооружения при всех возможных сочетаниях нагрузок и воздействий, включая усилия регулирования.
- **Принцип управляемости**, обеспечивающий возможность управления различными внутренними и внешними факторами при строительстве, эксплуатации и реконструкции сооружения.
- **Принцип самосохранения**, согласно которому форма сооружения должна обеспечивать поглощение и рассеивание энергии в процессе его необратимого деформирования (разрушения).
- **Принцип технологичности**, согласно которому все компоненты сооружения должны иметь соответствующую форму, увязанные допуски, качество изготовления и так далее, чтобы обеспечить применение наиболее эффективных процессов.
- **Принцип объединения технологий**, требующий применять при создании данного сооружения технические решения для других типов конструкций, технологии из других областей техники, современные материалы и способы монтажа, системы контроля качества, системы эксплуатации.
- **Принцип композиции конструкционных материалов**, согласно которому при создании формы сооружения следует применять наборы материалов так, чтобы каждый из материалов в меньшей степени проявлял свои недостатки и компенсировал недостатки других материалов.
- **Принцип структурирования**, требующий при создании конструкции соблюдать иерархическую структуру составляющих элементов и при этом исключать возникновение прогрессирующего разрушения, не допускать появления и общих и локальных форм потери устойчивости.
- **Принцип совмещения функций**, согласно которому элементы конструктивной формы сооружения должны или одновременно, или по мере необходимости выполнять несколько конструктивных или технологических функций.
- **Принцип эстетичности**, требующий органического единства конструктивной и архитектурной формы сооружения. Это особенно важно для мостовых сооружений, в которых часто конструктивная форма выполняет и архитектурные функции. При этом требования архитекторов не должны противоречить реализации всех других принципов формообразования мостовых сооружений.

Биомиметические принципы формообразования

В последнее время для формообразования строительных, в том числе и мостовых, сооружений начали широко применяться бионические [3, 4, 5] и биомиметические [10, 11] подходы.

Биомиметика (лат. *bios* – жизнь и *mimesis* – подражание) применительно к рассматриваемой задаче – это метод создания сооружений путем заимствования идей у живой природы, при этом производится детальный анализ принципов устройства и функционирования объектов живой природы. Представляет интерес анализ отличия терминов биомиметика и бионика.

Термин и понятие «биомиметика» было предложено еще в 1957 году американским биофизиком Отто Шмиттом, а термин и понятие «бионика» был предложен в 1960 году американским врачом-психиатром и инженером Джеком Е. Стиллом. Анализ морфологии слов «биомиметика» (лат. *bios* – жизнь и *mimesis* – подражание), звучащее в транскрипции как "подражание жизни" и «бионика» (от др. греч. *βίον* «элемент жизни») показывает, что термин биомиметика более широк и тем самым более корректен. Но можно считать, что термины «бионика» и «биомиметика» являются синонимами. Просто в России чаще употребляется «бионика» (с середины 60-х до начала 90-х XX века в нашей стране имело место бурное развитие этого направления), а термин «Биомиметика» больше распространен за рубежом.

Некоторые литературные и интернет – ресурсы утверждают, что новая наука на симпозиуме в Дайтоне (США) в 1960 году получила название «бионика», другие же – что «биомиметика». Наша же задача – не спорить о терминах, а использовать основные положения этого научного (а может правильное говорить инженерного) направления для анализа и проектирования, эффективных в инженерном и архитектурном отношении транспортных сооружений.

Биомиметические принципы были сформулированы Дж. Бениусом [10] и представляют собой сочетание двух перекрестных систем. Первая включает пять типов заимствования: формы, конструкции, материала, процесса и функции, а вторая включает три уровня заимствования: организма, поведения и экосистемы. Опираясь на работу [11] построим таблицу 1, иллюстрирующую совмещение уровней и типов заимствования применительно к мостовому сооружению.

Таблица 1

**Систематизация уровней и типов заимствования
на основе применения биомиметического подхода (составлена авторами)**

	Уровень заимствования			
		Организм	Поведение	Экосистема
Тип заимствования	Форма	Мостовое сооружение похоже на живой организм	Мостовое сооружение похоже на природный объект, сделанный живым организмом	Мостовое сооружение похоже на экосистему, в которой живут живые организмы в природных условиях
	Конструкция	Мостовое сооружение имеет те же конструктивные особенности, что и живой организм	Мостовое сооружение сделано так же, как и природный объект, возведенный живым организмом	Мостовое сооружение сформировано из тех же элементов, что и экосистема
	Материал	Мостовое сооружение сделано из того же материала, что и живой организм	Мостовое сооружение сделано из того же материала, что и природный объект, возведенный живым организмом	Мостовое сооружение сделано из тех же материалов, что и экосистема, в которой существует живой организм или группа организмов
	Процесс	Мостовое сооружение работает по тому же принципу, что и живой организм	Мостовое сооружение работает по принципу природного объекта, возведенного живым организмом	Мостовое сооружение работает по тому же принципу, что и экосистема
	Функция	Мостовое сооружение наделено теми же функциями, что и живой организм	Мостовое сооружение функционирует как природный объект, возведенный живым организмом (в более широком контексте)	Мостовое сооружение функционирует как экосистема, является частью более крупной природной среды, но в то же время представляет собой целостную самодостаточную структуру

Представленная таблица дает возможность комплексной оценки заимствования природных характеристик при создании мостового сооружения. Типы заимствования указывают те элементы живой природы, которые следует проанализировать с целью использования необходимых характеристик. Уровни заимствования указывают, какой объект или группа объектов подлежат анализу, причем на уровне организма изучается строение, поведение, жизнедеятельность живых организмов, а на уровне поведения изучается, что же было сделано организмом для создания прообраза мостового сооружения. Одновременно анализируется форма природного объекта, особенности конструкции, характеристики материала, принципы его работы и функционирования. На уровне, относящемся к анализу экосистемы, изучаются природные системы с точки зрения взаимодействия живых организмов и окружающей среды, причем обращается внимание и на условия, и на результат их взаимодействия. Очевидно, что этот уровень самый сложный, и потому для его исследования нужно взаимодействие специалистов в области биологии, экологии и инженеров мостостроителей.

Опираясь на работы [12-15] можно детализировать содержание таблицы 1 следующим образом.

Таблица 2

**Биомиметические приемы проектирования
для типа заимствования – ФОРМА (составлена авторами)**

№	Биомиметический принцип	ФОРМА
1	Адаптация	Изменение формы сооружения в соответствии с изменением внешней среды (климатические изменения) или внутренней среды (изменение функции сооружения).
2	Открытость	Визуальная открытость путем использования стеклянной или поликарбонатной оболочки.
3	Вариативность	Разнообразие форм транспортного сооружения, разнообразие его расположения.
4	Минимизация информации	Использование модульности при создании сооружения, использование идеи фрактальности.
5	Устойчивость	Минимизация площади поверхности сооружения, Рациональное соотношение объема к площади сооружения (создание компактных сооружений).
6	Формирование мезопространства	Плавная связь внешнего и внутреннего пространства (плавный переход из одного в другое). Использование элементов транспортного сооружения в городской инфраструктуре.
7	Историчность	Соотношение масштаба транспортного сооружения с масштабом окружающей среды и застройки. Соизмеримость масштаба старых и новых сооружений, расположенных рядом.
8	Взаимосвязь компонентов	Иерархия элементов транспортного сооружения, Взаимосвязь сооружения с другими объектами.
9	Рост	Увеличение транспортного сооружения добавлением элементов, стыковкой лучевых элементов, надстройкой. Уплотнение транспортного сооружения путем добавления элементов внутри него.

Таблица 3

**Биомиметические приемы проектирования
для типа заимствования – КОНСТРУКЦИЯ (составлена авторами)**

№	Биомиметический принцип	КОНСТРУКЦИЯ
1	Адаптация	Разделение элементов транспортного сооружения на временные и постоянные. Возможность изменения направления и характера связей.
2	Вариативность	Унификация элементов с учетом многообразия возможностей использования.
3	Минимизация информации	Конструктивная легкость сооружения: облегчение веса конструкции, облегчение изготовления, сборки, монтажа, транспортировки.

№	Биомиметический принцип	КОНСТРУКЦИЯ
4	Устойчивость	Использование существующих конструкций (интеграция нового в старое). Оптимизация всего сооружения вместо оптимизации отдельных частей.
5	Историчность	Использование существующих конструкций, существующих мест размещения сооружений, существующих путей сообщения.
6	Взаимосвязь компонентов	Многоцелевое использование элементов сооружений (в различных типах сооружений).

Таблица 3

**Биомиметические приемы проектирования
для типа заимствования – МАТЕРИАЛ (составлена авторами)**

№	Биомиметический принцип	МАТЕРИАЛ
1	Адаптация	Изменение свойств материала в соответствии с изменением внешней среды (климатические изменения) или внутренней среды (изменение функции сооружения).
2	Вариативность	Многофункциональность материала (умные композитные материалы).
3	Минимизация информации	Использование небольшого количества видов материалов.
4	Устойчивость	Эффективное использование материалов. Использование "дружелюбных" к среде, нетоксичных материалов. Переработка материалов (вторичное использование). Использование экологичных материалов.
5	Историчность	Использование местных материалов.
6	Взаимосвязь компонентов	Связанная работа ограждающих и несущих систем сооружения. Оптимизация свойств материалов за счет их совместной работы.

Таблица 4

**Биомиметические приемы проектирования.
Тип заимствования – ПРОЦЕСС (составлена авторами)**

№	Биомиметический принцип	ПРОЦЕСС
1	Адаптация	Изменение процессов регуляции внутренней среды сооружения в соответствии с изменением внешней среды (климатические изменения) или внутренней среды (изменение функции сооружения). Получение энергии от внешних источников в зависимости от погодных условий (использование солнечных батарей, ветряков, гидрогенераторов, пьезоэлектрических панелей). Эффективное расположение транспортного объекта с точки зрения использования энергии от возобновляемых источников или от других объектов.
2	Открытость	Взаимосвязь процессов, протекающих внутри транспортного сооружения с окружением, с процессами на расположенных вблизи транспортных сооружениях.
3	Вариативность	Разнообразие возможного развития процессов в сооружении, разнообразие процессов взаимодействия с окружающей средой.
4	Минимизация информации	Снижение энергии, потребляемой в процессе эксплуатации, а также при изготовлении, монтаже, транспортировке, утилизации.
5	Устойчивость	Получение энергии из возобновляемых источников, которые могут быть составными частями транспортного сооружения.
6	Формирование мезопространства	Взаимосвязь процессов в транспортном сооружении, выделение в сооружении зон постоянного и временного использования.
7	Историчность	Правильная ориентация сооружения. Использование существующих условий окружающей среды. Сохранение существующей флоры для поддержания сложившихся условий окружающей сооружение среды.
8	Взаимосвязь компонентов	Взаимосвязь процессов получения и расходования энергии. Симбиоз между сооружением и окружающей природой или городской средой.

Таблица 5

**Биомиметические приемы проектирования.
Тип заимствования – ФУНКЦИЯ (составлена авторами)**

№	Биомиметический принцип	ФУНКЦИЯ
1	Адаптация	Изменение функции сооружения в соответствии с изменением внешней среды (климатические изменения) или внутренней среды. Изменение связи между различными транспортными сооружениями. Мобильность транспортных сооружений, позволяющая повысить эффективность их использования.
2	Открытость	Развитие инфраструктуры вокруг сооружения, обеспечение взаимодействия различных функций.
3	Вариативность	Многофункциональность транспортного сооружения и повышение многофункциональности прилегающих территорий.
4	Минимизация информации	Обеспечение легкости потенциальной трансформации сооружения или его элементов при необходимости.
5	Устойчивость	Расширение функций транспортного сооружения, использование площадей под транспортным сооружением. Удачное вписывание транспортного сооружения в местность с учетом сохранения зеленых зон.
6	Формирование мезопространства	Интеграция транспортного сооружения в окружающую среду, интеграция окружающей среды в структуру транспортного сооружения. Интеграция транспортного сооружения в инфраструктуру.
7	Историчность	Соответствие существующего окружения функциональным возможностям сооружений. Использование транспортного сооружения для функционального зонирования окружающей территории.
8	Взаимосвязь компонентов	Взаимосвязанное и взаимовыгодное функционирование различных зон и систем транспортного сооружения.
9	Рост	Увеличение количества функций транспортного сооружения, увеличение количества соединяемых зон, увеличение дифференциации территории на которой располагается транспортное сооружение.

Заключение

Биомиметика как одна из возможных методик проектирования, в том числе и транспортных сооружений, в своем становлении прошла несколько этапов (применительно к архитектурным объектам):

- с 30 годов прошлого века развивался подход на основе анализа природных форм и конструкций;
- с 70 годов прошлого века развивались подходы, основанные на анализе природных процессов;
- с 90 годов прошлого века развивались подходы, основанные на анализе и использовании природного материала;
- с начала этого века развивается подход, основанный на анализе системы природных характеристик (формы, конструкции, материала, процессов, функций).

К сожалению, этот подход более активно и тем самым более эффективно развивается за рубежом. Об этом свидетельствует набор примеров применения бионического и биомиметического подходов при создании пешеходных мостов, рассмотренных в публикациях [3-7]. В нашей же стране примеры использования биомиметического подхода встречаются весьма редко, и это в основном концептуальные проекты, в которых при определенном желании можно обнаружить зачатки биомиметического подхода.

Применение биомиметического подхода направлено на улучшение качества среды, включающей транспортное сооружение как компонент, на обеспечение гармоничного существования сооружения с природной средой. Для более эффективного применения биомиметических принципов следует при проектировании транспортных сооружений использовать комплексный подход, основанный на синтезе и естественных и инженерных наук. При этом обязательным условием качественного биомиметического проектирования сооружений должна быть совместная работа инженеров, архитекторов и специалистов других отраслей знаний.

Предлагаемая вниманию читателей работа и преследует цель заинтересовать проектировщиков, руки которых частично развязаны принятием закона «О техническом регулировании», возможностями бионического и биомиметического подходов к проектированию транспортных сооружений уникальных форм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фридкин В.М. Методологические подходы к разработке конструктивных форм большепролетных и сверхпротяженных инженерных сооружений. Автореф. дисс. докт. техн. наук. М. 2008. 44 с.
2. Фридкин В.М. Формообразование строительных конструкций [Текст] / В.М. Фридкин. – Москва: МГСУ, 2011. – 168 с.
3. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Караханян А.Б. Перспективные направления проектирования на примере современных пешеходных мостов // Инновации и исследования в транспортном комплексе. Материалы III Международной научно-практической конференции. Часть I (в двух частях) – Курган, 2015. – 384 с. с. 115-122.
4. Овчинников И.Г., Караханян А.Б. Применение бионического подхода к проектированию пешеходных мостов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Материалы международной научно-практической конференции. Изд-во ПНИПУ г. Пермь, 23-24 апреля 2015 г., с. 430-436.
5. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Караханян А.Б. Пешеходные мосты современности: тенденции проектирования. Часть 1. Использование бионического подхода // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/81TVN215.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/81TVN215.
6. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Караханян А.Б. Пешеходные мосты современности: тенденции проектирования. Часть 2. Многофункциональные мосты // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/93TVN215.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/93TVN215.
7. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Караханян А.Б. Пешеходные мосты современности: тенденции проектирования. Часть 3. Интересные решения пешеходных и велосипедных мостов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №2 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/03TVN315.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/03TVN315.

8. Абовский, Н.П. Об основах теории формообразования конструкций / Н.П. Абовский. Сборник статей к общему собранию РААСН. Исследования и инновационные разработки РААСН. Т.2. Москва-Иваново, 2010. с. 3-7.
9. Абовский, Н.П. Энергетический подход к формообразованию конструкций / Н.П. Абовский. МОО Пространственные конструкции. Выпуск XII. Сборник статей. 2010.
10. Benyus J. Biomimicry. Innovation Inspired by Nature. – NY, USA: William Morrow Paperbacks, 2002. – 320 p.
11. Zari Maibritt Pedersen. Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability [Сетевой ресурс]. – URL: <http://www.cmnzl.co.nz/assets/sm/2256/61/033-PEDERSENZARI.pdf>.
12. Гридюшко, А.Д. Взаимосвязь принципов устойчивого развития архитектурной среды и биомиметических подходов к проектированию [Текст] / А.Д. Гридюшко // Устойчивая архитектура: настоящее и будущее. Тезисы докладов международного симпозиума 17-18 ноября 2011 г. Раздел: Устойчивая архитектура как образ мышления. – М.: МАРХИ, группа КНАУФ СНГ, 2011. – С 23-24 (0.15 п.л.).
13. Гридюшко, А.Д. Развитие современной архитектурной биомиметики [Текст] / А.Д. Гридюшко // Устойчивая архитектура: настоящее и будущее. Тезисы докладов международного симпозиума 17-18 ноября 2011 г. Раздел: Практика устойчивой архитектуры и тенденции ее развития. – М.: МАРХИ, группа КНАУФ СНГ, 2011. – С. 104-105 (0.1 п.л.).
14. Гридюшко, А.Д. Развитие современной архитектурной биомиметики [Текст] / А.Д. Гридюшко // Сборник тезисов МАРХИ. Материалы научно-практической конференции. Наука, образование и экспериментальное проектирование. Тезисы докладов научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых учёных и студентов 9-13 апреля 2012 г. – М.; МАРХИ, 2012. – С. 117 (0.1 п.л.).
15. Гридюшко, А.Д. Биомиметические принципы в архитектурном проектировании. автореф. канд архитектуры. М. МАРХИ. 2013. 35 с.

Karakhanyan Artur Barmenovich

Penza state university of architecture and construction, Russia, Penza
E-mail: artur_karahanyan@mail.ru

Ovchinnikov Igor Georgievich

National research nuclear university Moscow engineering physics institute
Balakovo institute of engineering and technology (branch), Russia, Balakovo
Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Russia, Saratov
Perm national research polytechnic university, Russia, Perm
E-mail: bridgesar@mail.ru

Ovchinnikov Ilya Igorevich

Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Russia, Saratov
Moscow state automobile & road technical university
Sochi branch, Russia, Sochi
E-mail: bridgeart@mail.ru

Timofeev Viktor Vladimirovich

Yuri Gagarin state technical university of Saratov, Russia, Saratov
E-mail: timofeevvv@fad.ru

Development of the basic principles for designing transport structures. Use of the biomimetic approach

Abstract. The article considers the general trends for designing transport structures (bridges). The energy principles of structural morphology proposed by N.P. Abovskiy are presented. Then, 12 principles of morphology stated by V.M. Friedkin and considered as the criteria for making decisions when creating a structure from a set of some known and recreated structural forms are presented. Next, the authors consider application of biomimetics - a method of structure creation by ideas borrowed from the wildlife with a detailed analysis of the principles of design and function of the wildlife objects. The difference between bionics and biomimetics is analyzed, and it is noted that biomimetics is more intensively and thus more efficiently developed abroad, which is confirmed by a number of examples - designed and constructed pedestrian bridges. In our country the examples of using biomimetic approach are very rare, and these are mostly the conceptual projects, in which with a certain desire, one can find the rudiments of a biomimetic approach. The work called attention to the readers aims to interest the designers, whose hands are partially free by adoption of Law "On Technical Regulation" and possibilities of the bionic and biomimetic approaches to the design of transport structures having the unique forms.

Keywords: bionics; biomimetics; structural morphology; bridge structures; principles of morphology; bionic approach

REFERENCES

1. Fridkin V.M. (2008). Metodologicheskie podhody k razrabotke konstruktivnyh form bol'sheproletnyh i sverhprotjazhennyh inzhenernyh sooruzhenij. [*Methodological approaches to the development of structural forms of large-span and super-stretched engineering structures.*] Moscow, p. 44.
2. Fridkin V.M. (2008). Formoobrazovanie stroitel'nyh konstruksij. [*Forming of building structures.*] Moscow: MGSU, p. 168.

3. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Karahanjan A.B. (2015). Perspective directions of designing on an example of modern pedestrian bridges. *Innovations and researches in a transport complex*, pp. 115-122. (in Russian).
4. Ovchinnikov I.G., Karahanjan A.B. (2015). Application of the Bionic Approach to the Design of Pedestrian Bridges. *Modernization and Research in the Transport Complex*, pp. 430-436. (in Russian).
5. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Karahanjan A.B. (2015). Pedestrian bridges of the present: trends in design. Part 1. Using the Bionic Approach. *Naukovedenie*, [online] 2(7). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/81TVN215.pdf> (in Russian). DOI 10.15862/81TVN215.
6. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Karahanjan A.B. (2015). Pedestrian bridges of the present: trends in design. Part 2. Multifunctional bridges. *Naukovedenie*, [online] 2(7). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/93TVN215.pdf> (in Russian). DOI 10.15862/93TVN215.
7. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I., Karahanjan A.B. (2015). Pedestrian bridges of the present: trends in design. Part 3. Interesting solutions for pedestrian and bicycle bridges. *Naukovedenie*, [online] 2(7). Available at: <http://naukovedenie.ru/PDF/03TVN315.pdf> (in Russian). DOI 10.15862/03TVN315.
8. Abovskij N.P. (2010). On the fundamentals of the theory of structural shaping of structures. *Collection of articles for the general meeting of the RAASN. Research and innovative developments of RAASN*, 2, pp. 3-7. (in Russian).
9. Abovskij N.P. (2010). The energy approach to the shaping of structures. *MOO Spatial structures*, 7. (in Russian).
10. Benyus J. (2002). *Biomimicry. Innovation Inspired by Nature*. New York: William Morrow Paperbacks, p. 320.
11. CMNZL. (n.d.). Zari Maibritt Pedersen. *Biomimetic approaches to architectural design for increased sustainability*. [online] Available at: <http://www.cmnzl.co.nz/assets/sm/2256/61/033-PEDERSENZARI.pdf>.
12. Gridjushko A.D. (2011). Vzaimosvjaz' printsipov ustojchivogo razvitija arhitekturnoj sredy i biomimeticheskikh podhodov k proektirovaniju. [*Interrelation of the principles of sustainable development of the architectural environment and biomimetic approaches to design.*] Moscow: MARCHI, pp. 23-24.
13. Gridjushko A.D. (2011). Razvitie sovremennoj arhitekturnoj biomimetiki. [*Development of modern architectural biomimetics.*] Moscow: MARCHI, pp. 104-105.
14. Gridjushko A.D. (2012). Razvitie sovremennoj arhitekturnoj biomimetiki. [*Development of modern architectural biomimetics.*] Moscow: MARCHI, p. 117.
15. Gridjushko A.D. (2013). Biomimeticheskie printsipy v arhitekturnom proektirovanii. [*Biomimetic principles in architectural design.*] Moscow: MARCHI, p. 35.