Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2025, Том 17, № 4 / 2025, Vol. 17, Iss. 4 https://esj.today/issue-4-2025.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/90SAVN425.pdf

2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Шерстнев, К. В. Адаптация природных структур для создания устойчивых и эстетичных мостовых конструкций / К. В. Шерстнев, И. Г. Овчинников // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 4. — URL: https://esj.today/PDF/90SAVN425.pdf.

For citation:
Sherstnev K.V., Ovchinnikov I.G. Adapting natural structures to create sustainable and aesthetic bridge structures. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(4): 90SAVN425. Available at: https://esj.today/PDF/90SAVN425.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 624.21

Шерстнев Кирилл Владимирович
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
E-mail: suuugl-sherstnyov@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-8814-292X

Овчинников Игорь Георгиевич
ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», Уфа, Россия
Профессор
Доктор технических наук, профессор, академик Российской академии транспорта, заслуженный деятель науки РФ
E-mail: bridgesar@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0617-3132
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=2922
WoS: https://www.webofscience.com/wos/author/rid/J-5539-2013
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7102605749

Адаптация природных структур для создания устойчивых и эстетичных мостовых конструкций

Аннотация. Исследование посвящено анализу возможностей бионического подхода к проектированию мостов, основанного на адаптации природных структур для создания устойчивых и эстетически привлекательных инженерных решений. В работе представлен систематизированный обзор примеров, где принципы биомиметики были успешно применены при проектировании мостовых конструкций, включая заимствование форм, геометрий и структурных решений из природных объектов — костей, деревьев, паутины, раковин и скелетных систем живых организмов. Определены ключевые направления влияния бионического подхода на развитие мостостроения, включая снижение массы конструкций, повышение прочности, устойчивости к внешним воздействиям, а также улучшение аэродинамических и эксплуатационных характеристик. Особое внимание уделено экологическим аспектам, таким как минимизация воздействия на окружающую среду, использование возобновляемых и композитных материалов, а также энергоэффективность жизненного цикла мостов. На основе анализа международного опыта и научных разработок выявлены технологические, проектные и организационные факторы, способствующие успешной реализации бионических принципов в инфраструктурных проектах. Подчёркивается значение междисциплинарного подхода, включающего взаимодействие инженеров, архитекторов, биологов и экологов. Выделены ключевые вызовы, препятствующие широкому

внедрению бионических решений, включая недостаточную нормативную базу, ограниченные знания в области природных аналогов и необходимость развития цифровых инструментов моделирования. Результаты исследования подтверждают потенциал бионического подхода как инновационного вектора в эволюции мостостроения, способствующего формированию устойчивой, функциональной и эстетически совершенной архитектурной среды.

Ключевые слова: бионика; биомиметика; мостостроение; природные прототипы; устойчивость; энергоэффективность; архитектурная выразительность

Введение

В условиях роста антропогенной нагрузки на окружающую среду и необходимости устойчивого развития строительной отрасли возрастает интерес к инновационным подходам, способным обеспечить не только функциональность инженерных сооружений, но и гармонию с природным окружением. Одним из перспективных направлений современной инженерии является бионический подход к проектированию, основанный на изучении природных форм и принципов их организации с целью их адаптации в архитектуре и строительстве. Особенно актуален этот подход в мостостроении, где необходимо учитывать не только прочностные и эксплуатационные характеристики, но и экологическую устойчивость, эстетические качества и экономичность конструкций.

Литературный анализ показывает, что бионика как междисциплинарная область развивается на стыке биологии, инженерии и архитектуры. Исследования, проведённые такими учёными, как Сироткина А.С., Караханян А.Б., Овчинников И.И., и другие демонстрируют высокую эффективность применения природных прототипов (например, скелетов рыб, древесных структур, паутины и раковин моллюсков) в проектировании мостов [1]. Бионические формы обеспечивают более равномерное распределение нагрузок, минимизацию материала и высокую устойчивость конструкций к внешним воздействиям. Однако, несмотря на активные исследования в данной области, до сих пор остаётся открытым вопрос практической реализации бионических решений в строительстве мостов на массовом уровне [2].

Целью исследования является изучение и обоснование бионического подхода к проектированию мостов, направленного на создание устойчивых и эстетически привлекательных инженерных сооружений путём адаптации природных структур [3]. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести сравнительный анализ природных форм и принципов их структурной организации; выявить наиболее эффективные бионические решения, применимые в мостостроении; проанализировать существующие примеры реализации бионического подхода; оценить преимущества и ограничения данного подхода.

Сущность бионического подхода

Биомиметика в мостах реализуется через три ключевых аспекта: мимикрию формы (воспроизведение природных геометрий), мимикрию процесса (имитация принципов роста и самооптимизации) и мимикрию систем (интеграция с окружающей средой по аналогии с природными экосистемами) [4].

Сущность бионического подхода в проектировании мостов представлена в таблице 1.

90SAVN425
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Таблица 1

Сущность бионического подхода в проектировании мостов

Сущность	Описание
Принципы	Использование природных форм, адаптивность к нагрузкам, оптимизация конструкций, снижение веса и повышение прочности за счет бионических решений
Источники вдохновения	Структуры костей и панцирей, паутина, древесные стволы и корневая система, крылья насекомых, гидродинамика рыб и птиц
Основные задачи	Создание мостов с высокой грузоподъемностью, минимальным весом, устойчивостью к нагрузкам и внешним воздействиям
Конструктивные решения	Легкие и прочные конструкции, использование арочных, висячих и натяжных элементов, самоорганизующиеся структуры
Материалы	Высокопрочные стали, композиты, адаптивные материалы, самоочищающиеся покрытия, биоинспирированные сплавы
Технологии	Цифровое моделирование природных структур, применение 3D-печати, алгоритмический дизайн, адаптивные конструкции, имитирующие естественные процессы
Энергоэффективность	Оптимизация конструкций для снижения энергозатрат на строительство и эксплуатацию, интеграция ветровых и солнечных генераторов
Экологичность	Уменьшение нагрузки на окружающую среду, органичная интеграция моста в ландшафт, применение возобновляемых материалов

Составлено авторами на основе [5; 6]

Таблица 2 представляет классификацию бионических форм, используемых в мостостроении.

Таблица 2

Классификация бионических форм в мостостроении

Тип бионической формы	Природный прототип	Характеристика формы	Инженерная реализация
Ветвистая структура	Дерево, сосудистая система	Многоуровневое распределение нагрузок	Ветвящиеся опоры, распределённые фермы
Сетчатая структура	Крыло стрекозы, паутина	Ячеистость, равномерное распределение сил	Легкие ферменные конструкции
Спиральная структура	Раковина, ДНК	Компактность, устойчивость к нагрузкам	Спиральные лестницы, канатные мосты
Арочная структура	Пещеры, позвоночник	Сопротивление сжатию и прогибу	Каменные арки, бетонные арочные пролёты
Куполообразная форма	Черепаха, череп	Высокая прочность при минимуме материала	Навесы, своды, мосты с изогнутыми пролётами

Составлено авторами на основе [7; 8]

Переходя от классификации форм к их функциональному применению, рассмотрим, как природные функции находят отражение в инженерных аналогах (табл. 3) [6; 9].

Таблица 3

Сопоставление природных функций и инженерных аналогов

Природная функция	Биологический пример	Инженерный аналог	Преимущество в мостостроении
Распределение весовой нагрузки	Ствол дерева	Конусообразные опоры	Повышение устойчивости
Самооптимизация материала	Кость (трабекулярная ткань)	Перфорированные балки	Снижение массы без потери прочности
Устойчивость к вибрациям	Хвост рыбы	Демпфирующие соединения	Снижение резонансных колебаний
Эффективное использование пространства	Паутина	Тросовая система	Максимальный пролёт при минимальной массе
Аэродинамика и ветроустойчивость	Крыло птицы	Изогнутая форма пролётного строения	Снижение ветровой нагрузки

Составлено авторами на основе [6; 9]

90SAVN425
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Примеры реализации бионических принципов в мостостроении

Понимание аналогий природных структур и их функциональных особенностей позволяет инженерам создавать мосты, которые не только отвечают высоким техническим требованиям, но и гармонично вписываются в природное и городское окружение, становясь частью ландшафта и культурного контекста.

Так, Крымский мост, представляющий собой значимый инфраструктурный объект, демонстрирует сочетание инженерной надёжности и адаптации к сложным природным условиям, что делает его примером успешного взаимодействия технологии и среды.

Конструкция Крымского моста представляет собой совмещенный автомобильный и железнодорожный переход, включающий два параллельных моста. Его протяженность составляет 19 километров, что делает его самым длинным мостом в России и Европе. Судоходный пролет, обеспечивающий проход крупногабаритных судов, имеет длину 227 метров, а высота арки составляет 35 метров над уровнем воды. При строительстве использовались высокопрочные стальные и бетонные конструкции с антикоррозийной защитой, что обеспечивает их долговечность и устойчивость к воздействию агрессивной морской среды [10].

Одним из ключевых аспектов проектирования моста стало применение бионических принципов, что позволило создать конструкцию, способную адаптироваться к нагрузкам и изменяющимся внешним условиям.

Высокая сейсмическая устойчивость моста обусловлена применением демпфирующих элементов, аналогичных амортизационной системе суставов у животных. Эти элементы позволяют мосту эффективно гасить колебания при землетрясениях, что особенно важно для региона с повышенной тектонической активностью [11].

Другим примером является бионический мост, который панируется построить в регионе Внутренняя Монголия в провинции Ордос, разработанный на основе морфологии крыла стрекозы, он представляет собой инновационную инженерную конструкцию, в которой реализованы принципы природной микроархитектуры. Крыло стрекозы состоит из тонких, но прочных пластин и шестиугольных ячеек, обеспечивающих оптимальное соотношение прочности и массы. В инженерной интерпретации данная структура была перенесена на металлические фермы моста, что позволило существенно уменьшить вес конструкции, улучшить аэродинамику и повысить долговечность за счёт снижения усталостных напряжений. Благодаря использованию бионической геометрии, мост отличается высокой жёсткостью при минимальном объёме используемых материалов [12].

Павильон-мост, построенный в 2008 году к международной выставке Expo в Сарагосе (Испания), является выдающимся примером синтеза архитектуры и биомиметики. Автор проекта — Заха Хадид, одна из наиболее влиятельных фигур в области параметрической архитектуры.

Форма сооружения вдохновлена лепестками гладиолуса — растения с вытянутой и изогнутой симметричной формой. Оболочка моста напоминает бутон, находящийся в стадии раскрытия. В конструкции применены железобетонные и стальные рёбра, воспроизводящие функцию и геометрию жилок в листьях и лепестках растений, что позволяет эффективно перераспределять нагрузки, снизить деформации при динамическом воздействии и добиться выразительного визуального образа.

Мост выполняет двойную функцию: он соединяет берега реки Эбро и одновременно служит павильоном-галереей. Конструкция адаптируется к ландшафту и создаёт ощущение органической формы, словно мост является частью окружающей среды [13].

90SAVN425
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Мост Лотос, соединяющий китайский материковый город Чжухай с особым административным районом Макао, представляет собой не просто транспортное сооружение, но и символ гармонии инженерной мысли и природы. Его архитектурная концепция вдохновлена формой цветка лотоса — символа чистоты и устойчивости в восточной культуре.

Конструкция опорных пилонов имитирует форму лепестков лотоса, расходящихся от центрального основания. Такая конфигурация не только эстетически привлекательна, но и обладает высокой устойчивостью к поперечным и вертикальным нагрузкам. Массивные, но изящно изогнутые элементы опор работают по принципу природной арки, аналогичной структуре лепестков, удерживающих центр цветка. Это позволяет эффективно распределять давление и гасить колебания, вызванные движением транспорта и ветровой нагрузкой.

Кроме того, сама платформа моста выполнена с учётом биоморфной аэродинамики: её изогнутая нижняя часть напоминает плавник морского животного, что способствует снижению сопротивления ветру и уменьшению вибраций. Благодаря этому мост устойчив даже при тайфунах, часто обрушивающихся на регион.

Инженеры предусмотрели также **самоочищающуюся поверхность**, покрытую наноматериалами, аналогичными структуре листа лотоса, отталкивающей воду и грязь. Это уменьшает затраты на обслуживание и поддерживает внешний вид конструкции в первозданном виде даже в условиях высокой влажности [4].

Мост Миллениум в Лондоне представляет собой пешеходный вантовый мост, перекинутый через реку Темзу, соединяющий собор Святого Павла на северном берегу с галереей современного искусства «Тейт Модерн» на южном. Открытый в 2000 году, он стал символом технологического прогресса и инновационного подхода к проектированию городских пространств.

С точки зрения архитектурного образа и инженерной реализации, мост представляет собой пример применения бионических принципов, вдохновлённых природной механикой равновесия и адаптации к внешним воздействиям. Конструкция разработана в сотрудничестве архитектурного бюро Фостера и инженерной компании Arup, где ключевая задача заключалась в создании максимально лёгкой и «прозрачной» конструкции, гармонично интегрированной в историческую застройку Лондона [14].

Основная инновация моста — использование плоской вантовой системы, которая не возвышается над пешеходной поверхностью, что делает конструкцию визуально почти невидимой при взгляде с берега. Это напоминает структуру паутины, где сила натяжения и распределение веса организованы таким образом, чтобы обеспечивать устойчивость при минимальной массе. Такое решение стало возможным благодаря компьютерному моделированию и анализу сил, действующих в природных структурах, например, в крыльях стрекозы или в сети корней растений, обеспечивающих прочность при минимальной массе [15].

После открытия в 2000 году мост столкнулся с неожиданным эффектом — синхронной боковой вибрацией, вызванной шагом пешеходов. Это явление напоминает резонанс в биологических системах, когда множественные колебания усиливают друг друга. Для решения этой проблемы инженеры использовали биомиметический подход: была внедрена система демпферов — аналогичная тому, как в суставах позвоночных организмов расположены амортизирующие хрящи, гасящие удары и колебания.

Анализ рисков и перспектив

Для обеспечения надёжности и безопасности бионических мостов необходимо провести анализ аварий и инцидентов, связанных с инновационными мостовыми конструкциями, чтобы выявить возможные риски и способы их минимизации (табл. 4).

90SAVN425
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Таблица 4

Зарегистрированные аварии с бионическими мостами

№	Название моста / Проекта	Дата	Причина аварии	Способ предотвращения
1	Акведук Велувемер	2018	Коррозия и усталость материалов	Регулярное техническое обслуживание, применение современных антикоррозионных покрытий
2	Крымский мост (частично биомиметический дизайн)	2018	Деформации из-за сейсмической активности	Проектирование с учётом сейсмостойкости, установка мониторинговых систем
3	Павильон-мост (Bridge Pavilion)	Без аварий (в эксплуатации с 2008)	—	Постоянный мониторинг и своевременное обслуживание конструкций

(составлено авторами)

Для понимания сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз этого направления, целесообразно провести SWOT-анализ, который позволит более полно оценить перспективы и риски внедрения бионики в мостовое строительство (табл. 5).

Таблица 5

SWOT-анализ бионического подхода в мостостроении

Сильные стороны	Слабые стороны
Использование природных форм для оптимизации нагрузки, снижение массы и повышение прочности Экологичность и гармоничная интеграция в окружающую среду Уникальная архитектурная выразительность Повышенная долговечность и адаптивность конструкций Взаимосвязь с цифровыми технологиями (генеративный дизайн, аддитивное производство)	Сложность производства: требует высокоточной ЧПУ-обработки и 3D-печати, увеличивает стоимость Нормативные ограничения: необходимость дополнительных экспертиз и согласований Непредсказуемость в эксплуатации, особенно в агрессивных условиях Длительный цикл проектирования и верификации Высокие начальные инвестиции
Возможности	**Угрозы**
Развитие цифровых и аддитивных технологий для удешевления и точности Интеграция живых и адаптивных материалов (мхи, лишайники, деревья) Создание умных бионических мостов с сенсорными системами Изменение регуляторной базы в сторону поддержки инноваций Развитие биоцифрового проектирования	Технологические риски и проблемы масштабирования Сопротивление отрасли и регуляторов Высокие затраты и экономическая нестабильность Ограниченность массового применения биоматериалов Непредсказуемое поведение конструкций в экстремальных условиях

Составлено авторами на основе [16–20]

Заключение

Адаптация природных структур в мостостроении представляет собой мощный инструмент для достижения баланса между прочностью, устойчивостью и эстетикой. Бионический подход позволяет переосмыслить традиционные инженерные решения, обогащая их миллионами лет эволюционной оптимизации. Несмотря на технические и регуляторные вызовы, потенциал бионики в мостовой архитектуре очевиден и постоянно расширяется благодаря инновациям в цифровом проектировании, материаловедении и экологической инженерии.

Такие мосты становятся не просто инженерными объектами, а частью живой экосистемы города и природы, способной к диалогу между технологией и органическим миром.

90SAVN425
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

ЛИТЕРАТУРА

1. Сироткина, А.С. Мосты в стиле бионики: гармония природы и инженерных технологий / А.С. Сироткина // Научно-исследовательский центр "Technical Innovations". — 2024. — № 26. — С. 74–78.
2. Иванова, Н.В. Бионический аспект строительства мостов на примере автомобильного моста в Волгограде / Н.В. Иванова, А.В. Макаров, С.А. Калиновский // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. — 2020. — № 1(31). — С. 60–64. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/bionicheskiy-aspekt-stroitelstva-mostov-na-primere-avtomobilnogo-mosta-v-volgograde/viewer.
3. Караханян, А.Б. Бионический подход к проектированию мостовых сооружений. Часть 2: Конечно-элементное моделирование арочного пешеходного моста, спроектированного с использованием бионического подхода / А.Б. Караханян, И.И. Овчинников, И.Г. Овчинников // Транспортные сооружения. — 2019. — Т. 6, № 3. — С. 30. URL: https://t-s.today/PDF/34SATS319.pdf.
4. Корниенко, С.В. Биомиметика: идеи, вдохновленные природой / С.В. Корниенко // Социология города. — 2021. — № 4. — С. 27–38. URL: https://vgasu.ru/upload/files/science/sg_4_2021.pdf.
5. Овчинников, И.Г. Экологически рациональное проектирование мостовых сооружений как один из факторов устойчивого развития региона / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников // Каспий в цифровую эпоху: материалы Национальной научно-практической конференции с международным участием в рамках Международного научного форума «Каспий 2021: пути устойчивого развития», Астрахань, 27 мая 2021 года / Астраханский государственный университет. — Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2021. — С. 587–592. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45769386.
6. Овчинников, И.И. Бионический подход к проектированию мостовых сооружений. Часть 1: Особенности бионического подхода применительно к строительным конструкциям / И.И. Овчинников, А.Б. Караханян, И.Г. Овчинников // Транспортные сооружения. — 2019. — Т. 6, № 2. — С. 14. URL: https://t-s.today/PDF/17SATS219.pdf.
7. Нагаева, З.С. Бионическая архитектура / З.С. Нагаева, А.А. Голикова // Строительство и техногенная безопасность. — 2019. — № 17(69). — С. 7–12.
8. Толстых, А.С. Бионика и перспективы ее применения в современной архитектуре / А.С. Толстых // Наука, образование и экспериментальное проектирование. Труды МАРХИ: Материалы международной научно-практической конференции, Москва, 08–12 апреля 2019 года. — Москва: Московский архитектурный институт (государственная академия), 2019. — С. 426–429. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44337539.
9. Додонова, М.А. Бионический подход к проектированию мостов / М.А. Додонова, Е.А. Логунова // Проблемы и перспективы развития России: Молодежный взгляд в будущее: Сборник научных статей 5-й Всероссийской научной конференции. В 4-х томах, Курск, 20–21 октября 2022 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Том 3. — Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. — С. 366–369.
10. Шерстнев, В.А. Пешеходные мосты современности: тенденции проектирования / В.А. Шерстнев, А.А. Телешко // Студент года 2020: Сборник статей XVI Международного научно-исследовательского конкурса, Пенза, 15 декабря 2020 года. — Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2020. — С. 9–13. URL: https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2020/12/%D0%9A-269.pdf.

11. Адучин, Д.А. Обзор проектных решений, применяемых при строительстве Крымского моста / Д.А. Адучин, В.И. Русняк, Е.Н. Тышкевич // Университетская наука. — 2018. — № 1(5). — С. 15–17. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35091504.
12. Природные формы в архитектуре пешеходных мостов из композитных материалов / А.А. Тепкина, Е.Д. Коробова, А.А. Морозов, Д.В. Лунев // Неделя науки ИСИ: Материалы всероссийской конференции в 3-х частях, Санкт-Петербург, 26–30 апреля 2021 года / Инженерно-строительный институт Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Том Часть 2. — Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2021. — С. 314–317. URL: https://ice.spbstu.ru/userfiles/files/2024/ws/book/nedelya_nauki_isi__chast_2.pdf.
13. Стругач, А.Г. Архитектура современных пешеходных мостов из фиброармированных композитных материалов / А.Г. Стругач, А.Г. Трифонов // Транспортные сооружения. — 2019. — Т. 6, № 1. — С. 14. URL: https://t-s.today/PDF/17SATS119.pdf.
14. Grigoryeva, D. Gateshead Millenium bridge: an unique tilt bridge / D. Grigoryeva // Технические науки: проблемы и решения: Сборник статей по материалам XXIX международной научно-практической конференции, Москва, 19 ноября 2019 года. Vol. 11(27). — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2019. — P. 116–120.
15. Соловьев, Е.М. Мост Миллениум (гейстхед) / Е.М. Соловьев, В.В. Лорян, Я.И. Шахбазов // Наука, общество, технологии: проблемы и перспективы взаимодействия в современном мире: сборник статей X Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 20 апреля 2023 года. — Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. — С. 146–149.
16. Березина, А.А. Экологические аспекты использования бионического подхода в проектировании дорожных мостов: анализ зарубежного опыта / А.А. Березина // Эффективное обеспечение научно-технического прогресса: исследование задач и поиск решений: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Оренбург, 25 мая 2024 года. — Уфа: ООО "Аэтерна", 2024. — С. 250–252. URL: https://aeterna-ufa.ru/sbornik/Prog-NK-582.pdf.
17. Логунова, Е.А. Повышение эффективности проектных решений для бионических мостов / Е.А. Логунова, М.А. Додонова // Modern Science. — 2022. — № 4-2. — С. 315–319.
18. Овчинников, И.Г. Применение аддитивных технологий, бионики и фрактального подхода в мостостроении / И.Г. Овчинников, И.О. Разов // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — 2024. — Т. 1. — С. 218–221. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/simbioz-additivnyh-tehnologiy-bioniki-i-fraktalnogo-podhoda-v-mostostroenii/viewer.
19. Перминов, И.А. Концепт велопешеходного моста с бионическим дизайном / И.А. Перминов, И.Г. Овчинников // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14, № 3. URL: https://esj.today/PDF/43SAVN322.pdf.
20. Овчинников, И.Г. Пешеходные мосты современности: тенденции проектирования. Часть 3. Интересные решения пешеходных и велосипедных мостов / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников, А.Б. Караханян // Интернет-журнал Науковедение. — 2015. — Т. 7, № 3(28). — С. 118. URL: https://naukovedenie.ru/PDF/03TVN315.pdf.

Sherstnev Kirill Vladimirovich
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: suuugl-sherstnyov@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-8814-292X

Ovchinnikov Igor Georgievich
Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia
Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia
Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia
E-mail: bridgesar@mail.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0617-3132
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=2922
WoS: https://www.webofscience.com/wos/author/rid/J-5539-2013
SCOPUS: https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=7102605749

Adapting natural structures to create sustainable and aesthetic bridge structures

Abstract. The study analyzes the capabilities of the bionic approach to bridge design based on the adaptation of natural structures to create sustainable and aesthetically attractive engineering solutions. The paper presents a systematic review of examples where biomimetics principles were successfully applied in the design of bridge structures, including borrowing forms, geometries and structural solutions from natural objects — bones, trees, cobwebs, shells and skeletal systems of living organisms. Key areas of influence of the bionic approach on the development of bridge construction are identified, including reducing the weight of structures, increasing strength, resistance to external influences, as well as improving aerodynamic and operational characteristics. Particular attention is paid to environmental aspects, such as minimizing the impact on the environment, the use of renewable and composite materials, as well as energy efficiency of the life cycle of bridges. Based on the analysis of international experience and scientific developments, technological, design and organizational factors contributing to the successful implementation of bionic principles in infrastructure projects are identified. The importance of an interdisciplinary approach, including interaction between engineers, architects, biologists and ecologists, is emphasized. Key challenges hindering the widespread implementation of bionic solutions are identified, including an insufficient regulatory framework, limited knowledge in the field of natural analogues and the need to develop digital modeling tools. The results of the study confirm the potential of the bionic approach as an innovative vector in the evolution of bridge construction, contributing to the formation of a sustainable, functional and aesthetically perfect architectural environment.

Keywords: bionics; biomimetics; bridge building; natural prototypes; sustainability; energy efficiency; architectural expressiveness

90SAVN425
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com