

УДК 658.512.2  
ГРНТИ. 81.95.31

## БИОНИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

**Дмитриева Ирина Валентиновна**

Кан. арх.наук, профессор кафедры «Промышленный дизайн»  
Ташкентский государственный технический университет  
Республика Узбекистан, г.Ташкент

**Аннотация:** В статье рассматриваются бионические закономерности и их влияние на объекты промышленного дизайна, на примере строительных машин. Были изучены основные принципы бионики в сфере дизайна для дальнейшего их применения в проектировании строительных машин, также выявлено влияние природных форм на образ и работу строительной техники. Особое внимание уделено применению бионических форм и механических свойств животных и насекомых в дизайне строительных машин. Рассмотрена краткая история создания строительных машин, на примере экскаваторов и подъемных кранов. Бионические формы в дизайне строительных машин создают гармонию в единстве новых технологий и природных элементов. Изучение бионических закономерностей в дизайне строительных машин подтвердили, то, что многие образы и конструкции были позаимствованы от природных форм. При создании образа строительных машин промышленный дизайнеры используют различные методы, один из самых распространенных - метод аналогии. Данная статья послужит базой для создания дизайнерских разработок в области строительной техники.

**Ключевые слова:** бионика, бионические формы, строительные машины, гидропривод, насекомые, животные.

## BIONIC REGULARITIES IN CONSTRUCTION MACHINERY

**Dmitrieva Irina Valentinovna**

Ph.D., Professor of the Department «Industrial Design»  
Tashkent State Technical University  
Republic of Uzbekistan, Tashkent

**Abstract:** The article discusses bionic patterns and their impact on industrial design objects, using the example of construction machines. The basic principles of bionics in the field of design were studied for their further application in the design of construction machines, and the influence of natural forms on the image and work of construction equipment was also revealed. Particular attention is paid to the application of bionic forms and mechanical properties of animals and insects in the design of construction machines. A brief history of the creation of construction machines is considered, using the example of excavators and cranes. Bionic forms in the design of construction machines create harmony in the unity of new technologies and natural elements. The study of bionic patterns in the design of construction machines confirmed that many images and designs were borrowed from natural forms. When creating an image of construction machines, industrial designers use various methods, one of the most common is the analogy method. This article will serve as a basis for creating design developments in the field of construction equipment.

**Keywords:** bionics, bionic forms, construction machines, hydraulic drive, insects, animals.

Начиная с Древнего мира, когда впервые стали стилизоваться природные формы и вплоть до сегодняшних дней не ослабевает внимание дизайнеров к возможности их использования в дизайне промышленных объектов.

На современном этапе изучение форм живой природы в дизайне состоит в том, что сегодня осваивается не просто формальные стороны живой природы, а устанавливаются глубокие связи между законами развития живой природы и дизайна.

Бионика – это наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы.

Биомеханика - наука о законах механического движения в живых системах. Термин биомеханика составлен из двух греческих слов: *bios* – жизнь и *mechané* – орудие.

Как известно, механика – это раздел физики, изучающий механическое движение и механическое взаимодействие материальных тел. Отсюда понятно, что биомеханика – это раздел науки, изучающий двигательные возможности и двигательную деятельность живых существ.

Бионические закономерности применялись во всех сферах деятельности человека. Больше всего использовались бионические формы в архитектуре. Особенно ярко представлена связь бионики с предметами мебели. Если рассматривать дизайн транспортных средств, почти во всех видах транспорта присутствуют бионические формы. Чаще всего за образ берутся образы животных или насекомых.

Но меньше всего исследовано влияние бионических закономерностей на образы строительных машин. Именно здесь можно проследить, как не только образ, но и природно-мышечная конструкция, выработанная в результате естественного отбора, животного или насекомого повлияли не только на внешний вид, но и на технические возможности строительной техники.

Одним из основных направлений бионики считается - изучение природных конструкций и форм в целях их использования в строительной технике и архитектуре.

Дизайнеры используют не только внешние формы живой природы, но и свойства и характеристики формы, которые выражают функции организма.

Конструкции в дизайне строительных машин выполняют несколько функций: устойчивость, жесткость и прочность.

Но не только конструктивные особенности, заимствованные из природы, дизайнеры используют при проектировании строительных машин. Любая форма может вызвать ассоциации с другими сходными формами. Можно проследить как образ насекомых или животных влияет на дизайн строительной техники.

Образы экскаваторов или машин для подачи бетона очень сильно напоминают образы богомолов или кузнечиков. Особенно четко это прослеживается в стрелах этой техники. Стрелы, напоминающие движение лап богомола, приводились в движение механическим способом, позже стали использовать гидравлические цилиндры, которые являются природными аналогами, позаимствованными у пауков.

То есть образ современных строительных машин напоминает больше богомолов, а основная конструкция их заимствована от кровеносной системы паука.

Опорно-поворотное устройство экскаваторов имеет так же природный аналог (голова богомола).

Рассмотрим некоторые конкретные достижения бионики, уже реализованные в практических целях.

Экскаваторы. Слово «экскаватор» происходит от латинского слова «*excavo*», что значит, долблю, вынимаю. Экскаватор - один из самых распространённых видов техники, используемой при землеройных работах. Рассмотрим историю создания данной строительной машины (таблица 1).

Таблица 1 - История создания строительной машины

Год	Авторы	Виды
1500	венецианское издание «Кодекса Джованни Фонтана»	землеройная машина, для углубления дна каналов и расширения морских гаваней
1500	Леонардо да Винчи	грейфер для землечерпалки
начало XVI в.	Леонардо да Винчи	экскаватора — драглайн (машина со сложной канатной связью и одним ковшом)
1597	венецианский механик БуанаютоЛорини	плавающая землечерпалка
1718	механики де ла Бальм и Белидор	землеройное устройство с двумя ковшами
1795	американский изобретатель Роберт Фултон	четырёхколесный грейдер-элеватор
1796	изобретатель Джеймса Уатта	ковшовая драга с приводом от паровой машины
1836	американский механик Уильям Смит Отис	одноковшовый экскаватор
1845	Уильямом Джорджем Армстронгом	подъемный кран, управляемый гидравликой
1847	русский изобретатель Кушелевский	речная землечерпалка и сухопутный экскаватор
1860	французский инженер М. Кувре	сухопутный цепной многоковшовый экскаватор с двигателем 15 лошадиных сил
1877	английская компания «Ruston&Proctor&Co.»	паровой экскаватор
1902	Путиловский завод. Россия	одноковшовый экскаватор
1905	немецкая фирма “Оренштейн&Коппель”.	паровые полноповоротные (с поворачивающейся кабиной) экскаваторы
1910	американская фирма «Бюсайрус»	полноповоротный экскаватор на гусеничном ходу
1912	американская фирма «Бюсайрус»	экскаватор с двигателем внутреннего сгорания на гусеничном ходу
1941	братья Ферверды	Телескопическая стрела, гидравлический экскаватор
1947	Уральский завод тяжёлого машиностроения	выпуск карьерных экскаваторов с ковшами ёмкостью 3-5 м <sup>3</sup>
1948	братья-итальянцы Карло и Марио Брунери	колесный прототип экскаватора, оснащенный улучшенной гидравлической системой управления
1950	немецкая компания «Atlas»	промышленный выпуск гидравлических экскаваторов
1951	Компания «Нумас»	Полноповоротный гидравлический экскаватор
1958	Уральский завод тяжёлого машиностроения	шагающий экскаватор драглайн
1960	французская корпорация «Poclain».	Полноповоротный гидравлический экскаватор

На сегодняшний день невозможно представить какое-либо производство, малое или крупное, связанное с перевалкой грунтов, без применения экскаваторов.

Одним из главных конструктивных нововведений в устройстве экскаватора стало внедрение в его систему управления гидравлики.

Первенство изобретения гидравлической системы экскаватора на сегодняшний день оспаривают Англия, Франция и Италия.

Первая, созданная Уильямом Джорджем Армстронгом, строительная машина, управляемая гидравликой, это подъемный кран, образец которого построен в 1845 году в Ньюкасле. Армстронг первым придумал гидравлическую систему управления механизмами и внедрил ее в работу шлюзовых ворот в гаванях, подъемных кранов и мостов, а его гидравлический механизм, разводящий Тауэрский мост в Лондоне, стал шедевром инженерной мысли своей эпохи.

В дальнейшем, как это бывает с величайшими открытиями, над созданием гидравлического экскаватора одновременно, независимо друг от друга, трудились совершенно разные инженеры.

В США над механизмом работали братья Ферверды, уроженцы Нидерландов, переехавшие жить в Огайо. Телескопическая стрела – это их выдающееся изобретение. А в 1941 году появился их первый гидравлический экскаватор.

В 1948 году братья-итальянцы Карло и Марио Брунери создали первый колесный прототип экскаватора, оснащенный улучшенной гидравлической системой управления.

В большинстве строительных машин многие части приводятся в движение с помощью гидравлики. То есть подъем, и опускание частей происходит с помощью жидкостей. Они идеально подходят для передачи электричества, так как, в противоположность газам, не могут сжиматься. Важнейшей жидкостью здесь является масло, которое не замерзает и смазывает все части. [16].

Гидроприводом называется совокупность устройств, предназначенных для приведения в движение механизмов и машин посредством рабочей жидкости, находящейся под давлением, с одновременным выполнением функций регулирования и реверсирования скорости движения выходного звена гидродвигателя.

За основу был взят паук, которого природа наделила чудесным гидроприводом, жидкостью для которого служит кровь животного (лапки пауков лишены мышц). Когда паук вытягивает лапки, давление крови в них повышается до такой степени, что отвердевают даже щетинки на лапках. То, повышая, то, понижая в лапках давление крови, пауки приводят их в движение. Гидравлическая система паука действует мгновенно, давление крови регулируется автоматически.



Рисунок 1 – Использование свойств кровеносной системы паука в гидравлике строительных машин

В технике тоже известно много различных «захватывающих аппаратов». Наибольшее впечатление производят так называемые грейферные экскаваторы. Они могут захватить и поднять большое количество груза. Чтобы удержать добычу ловчие птицы цепко охватывают свою жертву и впиваются в нее своими сильными острыми когтями. Захватывающий аппарат у разных ловчих птиц приспособлен для охоты за определенной добычей. По этому же принципу действуют разработанные человеком конструкции экскаваторов.



Рисунок 2 – Использование свойств кровеносной системы паука и когтей ловчих птиц в строительной технике



Рисунок 3 – Использование свойств кровеносной системы паука, лапок богомола и лап крота в строительной технике

Грузоподъемные краны. Слово «Кран» образовано от Kranich (журавль). Кран грузоподъемный -это общее название для подкласса грузоподъемных машин, предназначенных для пространственного перемещения грузов, временное зацепление которых осуществляется с применением различных грузозахватных приспособлений. Рассмотрим историю создания данной строительной машины (таблица 2).

Таблица 2 - Историю создания строительной машины

Год	Страна	Виды
XIV-XV века	Европа	стреловые, поворотные и цепные краны на деревянной основе с конным приводом через топчачки.
1834	Hick&Rothwell (Англия)	первый портовый кран, способный поднимать грузы весом до двух тонн
1846-1847	Англия	первый кран с гидравлическим приводом
1872	Англия	стационарный подъемный кран с паровым двигателем
1880	Германия	первый подъемник, где движущей силой было электричество.
1885- 1891	Германия	электрический привод начали использовать на стационарных, полупортальных и козловых кранах.
1895	Германия	использование двигателя внутреннего сгорания для передвижных кранов.
1908	«Maschinenfabrik Julius Wolff & Co» (Германия)	первая серия башенных кранов, специально предназначенных для массового строительства.
1913	фирма WolfCrane (Германия)	башенный кран современного типа
1934	завод «Красный металлист» (Россия)	автомобильный подъемный кран на шасси 5-тонного грузовика «Я-5».
1947	шведская компания HIAV	кран-манипулятор для грузовых автомобилей
1949	Ганс Либхерр (Германия)	поворотный башенный кран с горизонтальной стрелой, закрепленной на самой вершине высокой конструкции.
1950-е годы	Европа	башенные краны, имеющие выдвигаемые, телескопические стрелы.
1950-е годы	Европа	краны с маховой стрелой, что значительно увеличивало высоту подъема грузов.

В конечном итоге, к сегодняшнему дню мы имеем знакомую нам технику, мощностью и возможностями которой мы можем восхищаться. Создание и развитие подъемной техники прошло длинный путь, начиная с древнейших времен. Наши прадеды усердно трудились, изобретая и выдумывая, чтобы подарить нам такую необыкновенную и незаменимую в нашей жизни технику.

Использование бионических закономерностей в подъемных кранах.

Для передвижения по самым разнообразным поверхностям природой созданы разные приспособления: вакуумные присоски (мухи, миноги, морские ежи и др.). На основе природных способов передвижения в технике строятся аналогичные механизмы: подъемные краны.

Принцип вакуумной присоски используется в подъемных кранах, стоящих на прижатой к земле стальной чаше, из-под которой откачан воздух.

Также в конструкции опор подъемных кранов используется принцип распределения материала с расчетом на разнонаправленные нагрузки (решетчатые конструкции). За основу была взята структура тазобедренной кости человека (она не работает на излом, а только на сжатие).



Рисунок 4 – Использование свойств кровеносной системы паука и лапок богомола в строительной технике



Рисунок 5– Использование свойств кровеносной системы паука и лапок богомола в строительной технике

**Землеройные машины.** Почвенные животные выработали уникальные приспособления, с помощью которых они прокладывают подземные ходы или роют свои норы:

- а) система расширителей (дождевой червь);
- б) гидравлический способ (черви-приапулиды);
- в) голова-лопата (ящерица-амфисбена);
- г) прокладка туннелей - подземный экскаватор (крот).

Живые «землеройные машины» представляют большой интерес при создании роющих агрегатов. Признанным землепроходцем является крот. Его главным землеройным орудием являются очень мощные передние конечности. Например, разработана оригинальная модель, которая, двигаясь под землей подобно кроту, пробивает туннель с гладкими и плотными стенами.

Инженер Марк Брюнель, наблюдая за корабельным червем, который прокладывал себе путь в щепке дуба, создал проходческий щит (увеличенная

механическая копия дождевого червя). Голова червя покрыта жесткой раковиной с зубчатыми краями, которыми он и буравил дерево. С помощью проходческого щита прорыли тоннель под Темзой.

Современная буровая машина – это увеличенная механическая копия дождевых червей. Непрерывно двигаясь вперед черви «проедают» землю и пропускают ее через себя, оставляя позади большой тоннель. По этому принципу действуют буровые установки.



Рисунок 6 – Дождевой червь и буровая установка

Приведем еще один пример возможного моделирования оригинальной живой «землеройной машины». Речь идет о копировании способа передвижения во влажном грунте червей-приапулид. В своих «туннельных работах» они используют преимущественно гидравлический способ передвижения. Основным буровым инструментом-приапулид служит короткий и мощный, похожий на усеянный шипами кактус, выбросной хоботок. Тело червя снабжено небольшим количеством продольных и кольцевых мышц, а также специальными механизмами, препятствующими обратному движению-приапулид в грунте. Технология прокладки туннеля такова. Упираясь в грунт, червь при помощи хоботка пробивает во влажной почве ход, поначалу тонкий. Затем хоботком, раздувающимся поступающей из тела жидкостью,-приапулид расширяет и обжимает ход. Расширив и обжав отверстие, червь подтягивается. В это время хоботок сжимается, упирается внутрь, и начинается следующий цикл проходки. При таком передвижении червь обнаруживает большую двигательную силу, в десятки раз превышающую его собственный вес. Вонзив с силой свой хоботок во влажный морской грунт, червь затем поворачивает хоботок на некоторый угол. Таким образом, хоботок с насаженными на него многочисленными шипами работает, как бур. Примером в технике является гидравлическая машина для прокладки каналов в грунте.

Естественные модели нельзя считать бионическими конструкциями, так как в них нет ничего от искусственного механизма. Но они могут быть очень полезными для понимания некоторых сложных и скрытых биологических механизмов. А понимание этих механизмов дает дизайнерам идеи для создания новых машин.

Природные формы могут быть использованы в технике только в том случае, если их функции совпадают. Интерес человека к исследованию природных организмов питает многие отрасли знаний и человеческой деятельности.

Изучение природы еще далеко не закончено, но уже получены у природы бесценные знания о рациональном строении и формообразовании, что, безусловно, доказывает актуальность взаимосвязи природы и дизайна. Дизайнеры увидели много

интересных форм в природе, на их основе создали объекты промышленного дизайна, которые отличаются красотой и целесообразностью формы.

Все что создано природой представляет собой совершенные произведения, она и конструктор и инженер и строитель и, конечно же, художник. Промышленные дизайнеры используют методы аналогий, изучая принципы построения бионических систем, создают новые машины, аппараты, бытовую технику и т.д.

Техническая разработка опирается, как правило, на основную идею, которая появляется достаточно неожиданно. Примером может служить автомобиль, развитие фотографии, разработка компьютера. Когда приборы уже существуют, то, совершенствуясь, они постоянно изменяются, чтобы соответствовать требованиям времени. Так, из одной основной идеи могут развиваться целые отрасли промышленности. Естественное влияние на техническую эволюцию можно оказать, лишь хорошо изучив эволюцию природы и перенеся ее принципы в технику. [15]

Бионика в дизайне строительных машин призвана создавать гармонию в единстве новейших технологий и природных элементов.

Проведенные наблюдения по влиянию бионических форм и конструкций на образ и работу строительной техники подтвердили то, что многие изобретения, действительно, были позаимствованы у природы.

Природа открывает перед инженерами и учеными бесконечные возможности по заимствованию технологий и идей.

Информация, приведенная в статье, является актуальной и послужит базой для создания авторских проектов по дизайну строительных машин.

**Список использованных источников:**

1. Баловнев В. Дорожно-строительные машины и комплексы - М., СибАДИ, 2001.
2. Barilla J. Naturebot: Unconventional Visions of Nature. - New York: Routledge, 2021. — 185 p.
3. Benyus J. Biomimicry: Innovation inspired by nature. - New York: HarperCollins Publishers Inc., 2002. — 309 с.
4. Биотехнология: учебник / А. Я. Самуйленко [и др.]; под ред. А. Я. Самуйленко. – 2-е перераб. изд. – М, 2013. – 746 с.
5. Биотехнология. Научные основы инженерного оформления биотехнологий: учеб. пособие / Саратов. гос. аграр. ун-т им. Н. И. Вавилова. – Саратов: КУБиК, 2014
6. Воронцова З. Мастерская природы. — М.: Изобразительное искусство, 1981
7. Clark Graeme M. Sounds from Silence: Graeme Clark and the Bionic Ear Story. - Allen & Unwin, 2003. — 247 p.
8. Газит, Э. Нанобиотехнология: необъятные перспективы развития / Э. Газит ; пер. с англ. А. Е. Соловченко ; науч. ред. Н. Л. Клячко. – Москва : Науч. мир, 2011– 149 с
9. Guillot Agnès, Jean-Arcady M. La bionique: Quand la science imite la Nature.- Paris: DUNOD, 2008. — 240 p.
10. Гийо А., Мейе Ж.А. Бионика: когда наука имитирует природу. М.: Техносфера, 2013. — 280
11. Евсикова Е.В. Образ ученого-биолога в средней и старшей школе. // Эпоха науки. 2018. № 15.- с. 183-187
12. Johnson F.E. The bionic human: health promotion for people with implanted prosthetic devices. - Totowa, NJ: Humana Press Inc, 2006. — 706 p.
13. Кибернетика и бионика. Иллюстрированный справочник. М., 2005.
14. Кричевский Г.Е. Бионика: Учимся мудрости у природы. Учебное пособие.— М.: , 2015.
15. Luo Y., Ng E. Bio-Inspired Surfaces and Applications. - World Scientific Publishing, 2016. — 592 p

16. Нахтигаль В. Большая серия знаний. Бионика. – М.: Издательство «Мир книги», 2005. – 128 с.
17. Поляруш А.А. Всеобщий принцип противоречия как высший метод мышления. // Эпоха науки. 2020. № 23.- с. 173-177
18. Рийо А., Мейе Ж.А. Бионика. Когда наука имитирует природу.— М.: Техносфера, 2013.
19. Романенко, Е.В. Бионика /Большая Российская Энциклопедия. — М.: Научное издательство «Большая Российская Энциклопедия», 2005.
20. Самсонов Б. В., Исаева Л.А. Формирование профессиональных навыков у студентов в сфере дизайна. // Эпоха науки. 2018, № 14.— с. 266-271
21. Скурлатова М. В. Бионика как связь природы и техники // Молодой ученый. 2015.— № 10 (90). — с. 1283-1289
22. Сулайманова Р.Т. Педагогические технологии обучения: от теории к профессиональной практике учителя. // Эпоха науки. - 2020, № 22.— с. 290-295
23. Архипенко А.А, Минка Т.А. Бионика, как прикладная наука о соединении биологии и техники // Материалы VIII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016021537> (дата обращения: 14.12.2021).
24. Ефимов В.С. Мобильные экосистемы // Открытые системы. СУБД. 2014. № 2. [Электронный ре- сурс]. URL: <https://www.osp.ru/os/2014/02/13040044/> (дата обращения 14.09.2021г.)
25. Roeland Otten works with a conceptual approach in different fields of art, design and architecture. URL: <https://www.roelandotten.com/> (дата обращения: 14.09.2021г.)
26. Скурлатова, М. В. Бионика как связь природы и техники / М. В. Скурлатова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 10 (90). — С. 1283-1289. — URL: <https://moluch.ru/archive/90/18343/> (дата обращения: 14.12.2021).
27. Бастов Г.А. Применение принципов формообразования бионических структур в одежде и аксессуарах костюма // Научный журнал «Костюмология», 2019 No1, URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/05IVKL119.pdf>. (дата обращения: 14.12.2021).

