В последнее десятилетие бионика получила сильный импульс к новому развитию, поскольку современные технологии позволяют копировать миниатюрные природные конструкции с небывалой ранее точностью. В то же время, современная бионика во многом связана не с ажурными конструкциями прошлого, а с разработкой новых материалов, копирующих природные аналоги, робототехникой и искусственными органами.

Концепция бионики отнюдь не нова. К примеру, еще 3000 лет назад китайцы пытались перенять у насекомых способ изготовления шелка. Но в конце ХХ века бионика обрела второе дыхание, современные технологии позволяют копировать миниатюрные природные конструкции с небывалой ранее точностью. Так, несколько лет назад ученые смогли проанализировать ДНК пауков и создать искусственный аналог шелковидной паутины - кевлар. В этом обзорном материале перечислены несколько перспективных направлений современной бионики и приведены самые известные случаи заимствований у природы.

Энциклопедическая справка

**Бионика** (англоязычные названия – «**биомиметика**») – многообещающее научно-технологическое направление по заимствованию у природы ценных идей и реализации их в виде конструкторских и дизайнерских решений, а также новых информационных технологий.

Предмет **бионики** известен под разными названиями: например, в Америке обычно используется термин «**биомиметика**», но иногда говорят о **биогенезе**. Суть этого перспективного научно-технологического направления состоит в том, чтобы заимствовать у природы ценные идеи и реализовывать их в виде оригинальных конструкторских и дизайнерских решений, а также новых информационных технологий.

В последнее десятилетие бионика получила значительный импульс к новому развитию. Это связано с тем, что современные технологии переходят на гига- и наноуровень и позволяют копировать миниатюрные природные конструкции с небывалой ранее точностью. Современная бионика в основном связана с разработкой новых материалов, копирующих природные аналоги, робототехникой и искусственными органами.

Умная природа

Главное отличие человеческих инженерных конструкций от тех, что создала природа, состоит в невероятной энергоэффективности последних. Совершенствуясь и эволюционируя в течение миллионов лет, живые организмы научились жить, передвигаться и размножаться с использованием минимального количества энергии. Этот феномен основан на уникальном метаболизме животных и на оптимальном обмене энергией между разными формами жизни. Таким образом, заимствуя у природы инженерные решения, можно существенно повысить энергоэффективность современных технологий.

Природные материалы сверхдешевы и распространены в огромном количестве, а их «качество» значительно лучше тех, что сделанных человеком. Так, материал оленьего рога значительно крепче самых лучших образцов керамического композита, которые удается разработать людям. При этом человек использует достаточно «тупые» энергоемкие процессы для получения тех или иных сверхпрочных веществ, а природа делает их гораздо более интеллектуальными и эффективными способами. Для этого используются окружающие натуральные вещества (сахара, аминокислоты, соли), но с применением «ноу-хау» — оригинальных дизайнерских и инженерных решений, сверхэффективных органических катализаторов, которые во многих случаях пока не доступны пониманию человека. Бионика, в свою очередь, занимается изучением и копированием природных «ноу-хау».

Дизайн природных конструкций тоже не идет ни в какое сравнение с попытками человека сконструировать что-либо претендующее на природную эффективность. Форма биологического объекта (например, взрослого дерева) обычно создается в результате длительного адаптивного процесса, с учетом многолетнего воздействия как дружественных (например, поддержка со стороны других деревьев в лесу), так и агрессивных факторов. Процессы роста и развития включают интерактивное регулирование на клеточном уровне. Все это в совокупности обеспечивает невероятную прочность изделия на протяжении всего жизненного цикла. Такая адаптивность в процессе формообразования приводит к созданию уникальной адаптивной структуры, называемой в бионике **интеллектуальной системой** . В то же время нашей промышленности пока недоступны технологии создания интеллектуальных систем, которые взаимодействуют с окружающей средой и могут приспосабливаться, изменяя свои свойства.

В настоящее время ученые пытаются конструировать системы хотя бы с минимальной приспособляемостью к окружающей среде. Например, современные автомобили оборудованы многочисленными сенсорами, которые измеряют нагрузку на отдельные узлы и могут, например, автоматически изменить давление в шинах. Однако разработчики и наука только в начале этого длинного пути.

Перспективы интеллектуальных систем завораживают. Идеальная интеллектуальная система сможет самостоятельно совершенствовать собственный дизайн и менять свою форму самыми разнообразными способами, например, добавляя недостающий материал в определенные части конструкции, изменяя химический состав отдельных узлов и т.д. Но хватит ли у людей наблюдательности и ума, чтобы научиться у природы?

Современные открытия

Современная бионика во многом связана с разработкой новых материалов, которые копируют природные. Тот же кевлар (уже упоминавшийся выше) появился благодаря совместной работе биологов-генетиков и инженеров, специалистов по материалам.

В настоящее время некоторые ученые пытаются найти аналоги органов человеческого тела, чтобы создать, например, искусственное ухо (оно уже поступило в продажу в США) или искусственный глаз (в стадии разработки).



Скелет глубоководных губок рода Euplectellas построен из высококачественного оптоволокна

Другие разработчики концентрируются на изучении природных организмов. Например, исследователи из Bell Labs (корпорация Lucent) недавно обнаружили в теле глубоководных губок рода Euplectellas высококачественное оптоволокно. *Исследователи из Bell Labs, структурного подразделения Lucent Technologies, обнаружили, что в глубоководных морских губках содержится оптоволокно, по свойствам очень близкое к самым современным образцам волокон, используемых в телекоммуникационных сетях. Более того, по некоторым параметрам природное оптоволокно может оказаться лучше искусственного.*

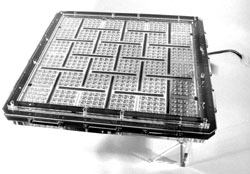
Согласно общепринятой сегодня классификации, губки образуют самостоятельный тип примитивных беспозвоночных животных. Они ведут абсолютно неподвижный образ жизни. Губка рода Euplectella обитает в тропических морях. Она в длину достигает размеров 15-20 см. Ее внутренний каркас сетчатой формы образуют цилиндрические стержни из прозрачного диоксида кремния. У основания губки находится пучок волокон, который по форме похож на своеобразную корону. Длина этих волокон - от 5 до 18 см, толщина - как у человеческого волоса. В ходе исследований этих волокон выяснилось, что они состоят из нескольких четко выделенных концентрических слоев с различными оптическими свойствами. Центральная часть цилиндра состоит из чистого диоксида кремния, а вокруг нее расположены цилиндры, в составе которых заметное количество органики.

Ученые были поражены тем, насколько близкими оказались структуры природных оптических волокон к тем образцам, что разрабатывались в лабораториях в течение многих лет. Хотя прозрачность в центральной части волокна несколько ниже, чем у лучших искусственных образцов, природные волокна оказались более устойчивыми к механическим воздействиям, особенно при разрыве и изгибе. Именно эти механические свойства делают уязвимыми оптические сети передачи информации - при образовании трещин или разрыве в оптоволокне его приходится заменять, а это очень дорогостоящая операция. Ученые из Bell Labs приводят следующий факт, демонстрирующий чрезвычайно высокую прочность и гибкость природных оптоволокон, - их можно завязывать в узел, и при этом они не теряют своих оптических свойств. Такие действия с искусственными оптоволокнами неизбежно приведут к поломке или, по крайней мере, образованию внутренних трещин, что в конечном итоге также означает потерю функциональных свойств материала.

Ученые пока не знают, каким образом можно воспроизвести в лаборатории подобное творение природы. Дело в том, что современное оптоволокно получают в печах из расплавов при очень высокой температуре, а морские губки, естественно, в ходе развития синтезируют его путем химического осаждения при температуре морской воды. Если удастся смоделировать этот процесс, он будет, помимо всего прочего, еще и экономически выгодным.

По результатам тестов оказалось, что материал из скелета этих 20-сантиметровых губок может пропускать цифровой сигнал не хуже, чем современные коммуникационные кабели, при этом природное оптоволокно значительно прочнее человеческого благодаря наличию органической оболочки. Вторая особенность, которая удивила ученых, — это возможность формирования подобного вещества при температуре около нуля градусов по Цельсию, в то время как на заводах Lucent для этих целей используется высокотемпературная обработка. Теперь ученые думают над тем, как увеличить длину нового материала, поскольку скелеты морских губок не превышают 15 см.

Кроме разработки новых материалов, ученые постоянно сообщают о технологических открытиях, которые базируются на «интеллектуальном потенциале» природы. Например, в октябре 2003 года в исследовательском центре Xerox в Пало Альто разработали новую технологию подающего механизма для копиров и принтеров.



В новой печатной схеме, созданной в исследовательском центре Xerox (Пало Альто), отсутствуют подвижные части (она состоит из 144 наборов по 4 сопла в каждом)

В устройстве AirJet разработчики скопировали поведение стаи термитов, где каждый термит принимает независимые решения, но при этом стая движется к общей цели, например, построению гнезда.

Сконструированная в Пало Альто печатная схема оснащена множеством воздушных сопел, каждое из которых действует независимо, без команд центрального процессора, однако в то же время они способствуют выполнению общей задачи — продвижению бумаги. В устройстве отсутствуют подвижные части, что позволяет удешевить производство. Каждая печатная схема содержит 144 набора по 4 сопла, направленных в разные стороны, а также 32 тыс. оптических сенсоров и микроконтроллеров.

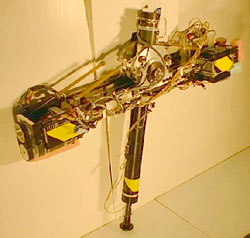
Но самые преданные адепты бионики — это инженеры, которые занимаются конструированием роботов. Сегодня среди разработчиков весьма популярна точка зрения, что в будущем роботы (подробнее о робототехнике см. здесь) смогут эффективно действовать только в том случае, если они будут максимально похожи на людей. Ученые и инженеры исходят из того, что им придется функционировать в городских и домашних условиях, то есть в «человеческом» интерьере — с лестницами, дверями и другими препятствиями специфического размера. Поэтому, как минимум, они обязаны соответствовать человеку по размеру и по принципам передвижения. Другими словами, у робота обязательно должны быть ноги (колеса, гусеницы и прочее не подходит для города). Но у кого копировать конструкцию ног, если не у животных?

В направлении создания прямоходящих двуногих роботов дальше всех продвинулись ученые из Стенфордского университета. Они уже почти три года экспериментируют с миниатюрным шестиногим роботом, гексаподом, построенным по результатам изучения системы передвижения таракана.



Миниатюрный, длиной около 17 см., шестиногий робот (гексапод) из Стенфордского университета уже бегает со скоростью 55 см/сек

Первый гексапод был сконструирован 25 января 2000 г. Сейчас конструкция бегает весьма шустро — со скоростью 55 см (более трех собственных длин) в секунду — и так же успешно преодолевает препятствия.



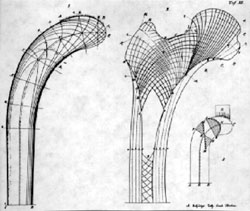
Монопод ростом с человека способен удерживать неустойчивое равновесие, постоянно прыгая (Стенфордский университет)

В Стенфорде так же разработан одноногий прыгающий монопод человеческого роста, который способен удерживать неустойчивое равновесие, постоянно прыгая. Как известно, человек перемещается путем «падения» с одной ноги на другую и большую часть времени проводит на одной ноге. В перспективе ученые из Стенфорда надеются создать двуногого робота с человеческой системой ходьбы.

Первые примеры бионики

Почти любая технологическая проблема, которая встает перед дизайнерами или инженерами, была уже давно успешно решена другими живыми существами. Например, производители прохладительных напитков постоянно ищут новые способы упаковки своей продукции. В то же время обычная яблоня давно решила эту проблему. Яблоко на 97% состоит из воды, упакованной отнюдь не в древесный картон, а в съедобную кожуру, достаточно аппетитную, чтобы привлечь животных, которые съедают фрукт и распространяют зерна.

Специалисты по бионике рассуждают именно таким образом. Когда они сталкиваются с некоей инженерной или дизайнерской проблемой, они ищут решение в «научной базе» неограниченного размера, которая принадлежит животным и растениям.



Примерно так же поступил Густав Эйфель, который в 1889 году построил чертеж Эйфелевой башни. Это сооружение считается одним из самых ранних очевидных примеров использования бионики в инженерии.

Конструкция Эйфелевой башни основана на научной работе швейцарского профессора анатомии Хермана фон Мейера (Hermann Von Meyer). За 40 лет до сооружения парижского инженерного чуда профессор исследовал костную структуру головки бедренной кости в том месте, где она изгибается и под углом входит в сустав. И при этом кость почему-то не ломается под тяжестью тела.



|  |  |
| --- | --- |
| Костная структура головки бедренной кости | Основание Эйфелевой башни напоминает костную структуру головки бедренной кости |

Фон Мейер обнаружил, что головка кости покрыта изощренной сетью миниатюрных косточек, благодаря которым нагрузка удивительным образом перераспределяется по кости. Эта сеть имела строгую геометрическую структуру, которую профессор задокументировал.

В 1866 году швейцарский инженер Карл Кульман (Carl Cullman) подвел теоретическую базу под открытие фон Мейера, а спустя 20 лет природное распределение нагрузки с помощью кривых суппортов было использовано Эйфелем.



Плод дурнишника прицепился к рубашке

Другое знаменитое заимствование сделал швейцарский инженер Джордж де Местраль (Georges de Mestral) в 1955 году. Он часто гулял со своей собакой и заметил, что к ее шерсти постоянно прилипают какие-то непонятные растения. Устав постоянно чистить собаку, инженер решил выяснить причину, по которой сорняки прилипают к шерсти. Исследовав феномен, де Местраль определил, что он возможен благодаря маленьким крючкам на плодах дурнишника (так называется этот сорняк). В результате инженер осознал важность сделанного открытия и через восемь лет запатентовал удобную «липучку» Velcro, которая сегодня широко используется при изготовлении не только военной, но и гражданской одежды.

Природа открывает перед инженерами и учеными бесконечные возможности по заимствованию технологий и идей. Раньше люди были не способны увидеть то, что находится у них буквально перед носом, но современные технические средства и компьютерное моделирование помогает хоть немного разобраться в том, как устроен окружающий мир, и попытаться скопировать из него некоторые детали для собственных нужд.