

2. Рудник, Ю. А. Робототехническая система для сортирования яблок / Ю. А. Рудник, С. В. Журавлев // Робототехника в сельскохозяйственных технологиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 10–12 нояб. 2014 г. / Мичур. гос. аграр. ун-т. – Мичуринск, 2014. – С. 32–34.

3. Разработка алгоритмов системы распознавания ягод земляники садовой при роботизированном сборе /Д. О. Хорт [и др.] // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2020. – № 1 (38). – С. 133–141.

4. Ganganagowdar, N. V. An intelligent computer vision system for vegetables and fruits quality inspection using soft computing techniques [Интеллектуальная система компьютерного зрения для проверки качества и сортировки плодов и овощей на основе мягких вычислений (нейронная сеть с обратной связью и вероятностная нейронная сеть). Индия] / N. V. Ganganagowdar, A. V. Gundad // Agr. Engineering Intern.: CIGR J. – 2019. – Vol. 21, № 3. – P. 171–178.

5. Lu, Y. Development of a multispectral Structured Illumination Reflectance Imaging (SIRI) system and its application to bruise detection of apples [Разработка мультиспектральной системы визуализации отраженного изображения (SIRI) и ее применение для обнаружения повреждений яблок. (США)] / Y. Lu, R. Lu // Trans. of the ASABE. – 2017. – Vol. 60, N 4. – P. 1379–1389.

6. Гордеев, А. С. Автоматизированная обработка яблок : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.07 / А. С. Гордеев ; Моск. гос. агроинж. ун-т. – М., 1996. – 42 с.

7. Новые технологии и технические средства для механизации работы в садоводстве / Рос. науч.-исслед. ин-т информ. и технико-экон. исслед. по инженер.-техн. обеспечению агропром. комплекса ; подгот.: М. И. Куликов [и др.]. – М. : Росинформагротех, 2012. – 164 с.

8. Протокол приемочных испытаний линии технологической сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 от 25 февр. 2022 г. № 004-1/3-2022 / ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – п. Привольный, 2022. – 99 с.

9. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей : ТКП 151-2008 (02150). – Введ. 01.02.09 (взамен ОСТ 10.2.18 2001). – Минск: Минсельхозпрод, 2009. – 20 с.

УДК 001.2

Поступила в редакцию 07.10.2022

Received 07.10.2022

**Д. И. Комлач, В. В. Голдыбан, П. П. Бегун**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

*г. Минск, Республика Беларусь*

*E-mail: labpotato@mail.ru*

## **ТЕРМИНОЛОГИЯ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ОСНОВАННОГО НА БИОЛОГИЧЕСКОМ ПОДХОДЕ**

*Аннотация.* Статья посвящена общим вопросам методологии (стратегии) передачи решений от биологии к инженерии для решения конкретных технических задач. В статье на основании знакомства с зарубежными работами, существующими стандартами и открытыми онлайн-ресурсами выполнен обзор терминологии бионики для правильного ее применения при решении задач инженерного проектирования, в том числе в области земледельческой механики.

*Ключевые слова:* проектирование, инженерия, биология, бионика, терминология, биоинспирация, биомимикрия, биологически вдохновленный дизайн.

**D. I. Komlach, V. V. Goldyban, P. P. Behun**

*RUE “SPC NAS of Belarus for Agriculture Mechanization”*

*Minsk, Republic of Belarus*

*E-mail: labpotato@mail.ru*

## **THE BASIC TERMINOLOGY OF ENGINEERING DESIGN, BASED ON A BIOLOGICAL APPROACH**

*Abstract.* The article is devoted to general issues of methodology (strategy) of transferring solutions from biology to engineering to solve specific technical problems. In the article, based on acquaintance with foreign works, existing standards and open online resources, a review of the terminology of bionics for its correct application in solving engineering design problems, including in the field of agricultural mechanics, is carried out.

*Keywords:* design, engineering, biology, bionics, terminology, bio inspiration, biomimicry, biologically inspired design.

## Введение

В последнее время в области земледельческой механики сформировалось новое научное направление, заключающееся в бионическом подходе к созданию сельскохозяйственных машин и рабочих органов. Наука, возникшая на стыке биологии и технологии, – бионика применяет принципы и методы, абстрагированные для передачи знаний от биологических систем к инженерному проектированию.

Появление бионики как науки способствовало терминологической модернизации: возник новый тезаурус терминов и определений, вводимых инженерами-проектировщиками с одной стороны и биологами с другой. Не владея этой специальной лексикой, невозможно применить бионические подходы к проектированию сельскохозяйственных машин. Поэтому нам кажется целесообразным привести здесь основные определения бионики для грамотного их применения при решении задач инженерного проектирования.

Предлагаемая в статье терминология бионики представлена на основании знакомства с зарубежными работами, существующими стандартами и открытыми онлайн-ресурсами.

## Основная часть

Существует несколько терминов для описания процесса «обучения у природы»: биоинспирация; биомимикрия; биомиметика; бионика; биологически вдохновленный дизайн.

Для описания методологии передачи биологических знаний инженерам и проектировщикам эти определения используют взаимозаменяемо. Но при рассмотрении соответствующих областей применения каждого слова и процессов разработки возникают различия.

Для лучшего понимания этих различий рассмотрим основные определения терминов, предложенные Комитетом по биомиметике и отраженные в стандарте ISO 18458:2015 «Биомиметика – терминология, понятия и методология» [1]:

– биомимикрия – философия и междисциплинарные подходы к проектированию, использующие природу в качестве модели для решения задач устойчивого развития (социального, экологического и экономического);

– биомиметика – междисциплинарное сотрудничество биологии и технологий или других областей инноваций с целью решения практических задач посредством функционального анализа биологических систем, их абстрагирования в модели и переноса в эти модели и применения их для решения;

– бионика – техническая дисциплина, которая стремится воспроизвести, увеличить или заменить биологические функции их электронными и/или механическими эквивалентами» (рис. 1).



Рис. 1. Взаимосвязь основной терминологии процесса передачи знаний из биологии к технике

Как промежуточные, существуют термин «биоинспирация» и прилагательное «биоинспирированный» (bioinspired), означающий вдохновленный или основанный на биологических структурах или процессах. Автор работы [2] дает определение этому термину как «открытие фундаментальных биологических принципов и аналоговая их передача инженерам для проектирования потенциально лучше, чем природа».

Биомиметика занимается реализацией процессов и принципов природы в технологических приложениях и устройствах, т. е. происходит передача (знаний) от биологии к технологии. Стоит отметить, что непосредственное копирование от природы к технологии в биомиметике невозможно. Вместо этого биомиметика включает в себя творческое преобразование в технологию, которая часто основана на различных этапах абстракций и модификаций, то есть на независимой последовательной конструкции, которая является скорее «новым изобретением», чем проектом природы.

Биомимикрия – это подход к инновациям, который ищет устойчивые решения человеческих проблем, эмулируя проверенные временем модели и стратегии природы. Президент института биомимикрии Джанин Бениус определяет биомимикрию как науку, которая изучает модели природы, а затем имитирует или черпает вдохновение из этих конструкций и процессов для решения человеческих проблем [3]. Короче говоря, биомимикрия – это процесс применения явлений, существующих в природе, для создания различных технологий.

Термин «бионика», связанный с копированием, подражанием и изучением биологии, был придуман Джеком Стил из ВВС США в 1960 году на встрече базы ВВС Райт Паттерсон в Дейтоне, штат Огайо, а Отто Х. Шмитт придумал термин «биомиметика» в 1969 году. Одно из первых упоминаний термина «биомимикрия» можно найти в диссертации по химии Меррилла К. Л. в 1982 году [4].

Бабицкий Л.Ф., говоря о бионике, отмечает: «Родившаяся на стыке биологических, физико-математических и технических наук, бионика ставит своей задачей использование принципов организации и функциональных схем биологических систем разного уровня при решении инженерно-технических задач» [5].

Промышленный дизайнер, профессор и исследователь в области бионики Лодато Ф. в своей работе [6] представляет два определения бионики, которые соответствуют одному девизу «природа как инструмент инноваций». Согласно первому определению, «бионика – это усвоение инженерных принципов, используемых в естественных системах, и применение этих принципов при проектировании или совершенствовании технологических или материальных систем». Во втором утверждении он говорит, что «бионика – это техническая трансформация и применение эволюционных структур, методов и принципов, исходящих из биологических систем; междисциплинарная область исследований, сочетающая биологию с инженерией, архитектурой и математикой». Он связывает исследования и поиск решений в природной среде с эволюцией и изменениями в связи с инновациями и интеграционным процессом, связанным с хорошо известной концепцией промышленного дизайна как междисциплинарной, где бионические исследователи рассматривают биологию как основу промышленного дизайна.

Ф. Адан в работе [7] излагает следующее определение: «Бионика – это изучение биологических прототипов при проектировании искусственных систем, то есть речь идет об изучении фундаментальных принципов природы и применении этих принципов и процессов к потребностям человечества». В дополнение к его определению следует, что работа бионического дизайнера имеет сильный исследовательский компонент, необходимый для того, чтобы иметь возможность проектировать новые объекты или промышленные приложения, при этом весьма важным остается понимание природы, а не прямое ее копирование, что, с другой стороны, может привести к неудаче.

Как отмечает Литинецкий [8], «бионика – это междисциплинарная наука или наука-перекресток. Она сформирована на основе естественных и технических наук. По сути, она синтезирует накопленные знания в области биологии, кибернетики, физики, психологии, биофизики, строительства и т. д.».

Большинство исследователей в своих работах все же используют терминологию, предложенную стандартом ISO 18458:2015, о котором мы упоминали выше.

На примере выполняемого в настоящее время нами задания «Исследование износостойких биоинспирированных рабочих поверхностей стрелчатых лап культиваторов для ухода за посадками овощных культур» в рамках ГПНИ «Сельскохозяйственные технологии и продовольственная безопасность» на 2021–2025 годы рассмотрим применимость терминологии Международного стандарта ISO 18458:2015.

На основании микроскопических исследований поверхности мандибул (жвал) черного садового муравья *Lasius niger* предложена концепция упрочнения культиваторных лап [9]:

– наиболее нагруженную рабочую кромку культиваторной лапы упрочнить твердосплавными вставками с зубчатой рабочей кромкой;

– зубчатая поверхность в отличие от основного материала лапы должна иметь более высокую износостойкость.

В данном случае междисциплинарное сотрудничество специалистов лаборатории механизации производства овощей и корнеклубнеплодов и кафедры биологии Белорусского государственного университета по поиску аналогий и переносу биологических принципов в земледельческую механику относится к области биомиметики. Модифицированная режущая кромка культиваторной лапы может характеризоваться понятием «биоинспирированный», так как спроектирована на основе биологических принципов сопротивления абразивному износу, реализованных в нижних жвалах садового муравья. Область науки, в которой проводятся эти междисциплинарные исследования, называется бионикой.

### Заключение

Уверенное владение основным лексиконом такой молодой области знаний как бионика выступает показателем терминологической грамотности и компетенции, а его активное применение в общении среди специалистов способствует взаимопониманию и сотрудничеству в научной сфере.

### Список использованных источников

1. Биомиметика. Терминология, понятия и методология : ISO 18458:2015. – Введ. впервые. – 32 с.
2. Sharma, S. Biomimicry: Exploring Research, Challenges, Gaps and Tools / S. Sharma, P.Sarkar // Research into Design for a Connected World. – 2019. – PP. 87–97.
3. What is biomimicry [Electronic resource] // Biomimicry Institute. – Mode of access: <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>. – Date of access: 15.09.22.
4. Merrill, C. L. Biomimicry of the Dioxygen Active Site in the Copper Proteins Hemocyanin and Cytochrome Oxidase / Doctoral thesis, Chemistry, Rice University, Houston, TX. – 1982.
5. Научная школа «Механико-бионические основы разработки почвообрабатывающих машин» / Л. Ф. Бабицкий. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2017. – 44 с.
6. Lodato, F. Biónica: La naturaleza como herramienta de innovación / F. Lodato. – Experimenta: ediciones de diseño. – 2000. – № 31. – PP. 46–51.
7. Adan, F. S. Diseño industrial: desarrollo del producto / F. S. Adan, J. L. Izquierdo // Madrid: International Thomson Editores Spain Paraninfo, – 2002. – 168 p.
8. Litinetski, I. B. Iniciación a La Biónica. – Barcelona: Barral, 1974. – 288 p.
9. Исследование мандибул черного садового муравья в качестве бионической модели для повышения надежности культиваторных лап / В. В. Голдыбан [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2022. – Вып. 55. – С. 251–258.