

БИОЭТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОМЕХАТРОНИКИ

Е. В. ШАТАЕВА¹, Е. П. ПОПЕЧИТЕЛЕВ², Л. ТОМАШЕВИЧ³,
С. Ю. ПЕРЕПЕЛКИНА⁴

¹Санкт-Петербургский государственный университет, 199034, Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
„ЛЭТИ“ им. В. И. Ульянова (Ленина), 197376, Санкт-Петербург, Россия

³Сплитский университет, 21000, Сплит, Хорватия

⁴Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: sker@mail.ifmo.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с появлением биоэтических проблем при использовании продуктов и услуг, создаваемых такой новой отраслью знаний, как биомехатроника. Представлен обзор публикаций, посвященных биоэтическим проблемам. Обсуждается возможность использования терминологии и базовых принципов теории биотехнических систем и технологий для осуществления биоэтической практики. Особое внимание при осуществлении биоэтической практики применительно к продуктам и услугам биомехатроники предлагается уделить анализу основных общетехнических принципов при создании биотехнических систем медико-социального применения. Предлагается среди причин возникновения биоэтических проблем в биомехатронике учитывать реалии постиндустриального общества, законы рыночной экономики и существенную трансформацию таких основополагающих общественных институтов, как здравоохранение и социальная защита.

Ключевые слова: биомехатроника, биотехнические системы и технологии, биоэтика, постнеклассическая наука

Введение. Современную биомехатронику, как правило, ассоциируют с таким научным направлением, как робототехника и мехатроника, подразумевая при этом, что речь идет о современном протезостроении и медицинском роботостроении. Биомехатронику иногда относят и к медико-социальной робототехнике, целью которой является объединение биологических организмов со встроенными мехатронными системами для решения медицинских и социальных задач [1, 2]. По мнению авторов настоящей статьи, биомехатронику следовало бы отнести к такой области знаний, как теория биотехнических систем и технологий, которая описывает технические и биологические подсистемы, связанные единым контуром управления. Одной из целей биомехатроники, в терминах теории биотехнических систем, является разработка *биотехнических систем эргатического типа* — человекомашинных систем, в которых биологическое звено, человек-оператор, управляет работой создаваемой системы. В отношении медицинского роботостроения такое определение очевидно. Применительно к протезостроению данное определение не имеет явных противоречий, так как даже достигнув цели по созданию протезов в виде функционально значимых частей организма, человек останется, по сути, оператором своего организма.

Не вдаваясь в исторические детали возникновения термина „биомехатроника“ и развития этой области знаний, главной проблемой биомехатроники, признаваемой всеми специалистами, является взаимодействие мехатронной системы с человеком/испытуемым животным с учетом факторов психофизиологии человека или физиологии животного. Суть такого взаимодействия и отражает теория биотехнических систем и технологий. Соотнесение биомехатроники с той или иной областью научных знаний не имеет принципиального значения, более того, лишь подтверждает ее мультидисциплинарность и соответствие современному этапу развития науки, получившему название постнеклассической науки. Рассмотрение биомехатроники как частного случая теории биотехнических систем и технологий позволяет определить основные тренды ее развития и выявить ряд сопутствующих проблем, не характерных для инженерных наук.

Авторы данной статьи предлагают обратить внимание на проявление биоэтических проблем, связанных с бурным развитием биомехатроники в последнее десятилетие. Использование дорогостоящих технологических средств, предоставляемых современной биомехатроникой и предназначенных для обеспечения благополучия человека, прежде всего поддержания его жизни и здоровья, обуславливает необходимость в определенных механизмах социальной регуляции, которые будут направлены на защиту от опасных последствий вмешательства в био-психо-физиолого-социальную природу человека [3].

Обзор публикаций. Согласно акад. В. С. Степину, „система человек—машина—экосреда, в которую внедряется данная технология, — социокультурная среда, принимающая эту технологию“, относится к человекообразным объектам [4]. Человекообразный объект — это объект, в который человек включен как существенная составляющая. При изучении таких объектов поиск истины оказывается связанным с определением стратегии и возможных направлений их преобразования, что затрагивает гуманистические ценности, когда исследователю приходится решать ряд проблем этического характера и определять границы возможного вмешательства [5].

В наступившем веке человечество, как утверждает В. А. Садовничий, все в большей степени будет сталкиваться с запретами и ценностями морально-этического характера, которые нельзя создать или преодолеть только технологическими средствами, сколь бы совершенными последние ни были, так как, в конце концов, именно эти ценности определяют дальнейший путь цивилизационного развития. И здесь, с его точки зрения, не так много вариантов: или человечество выберет концепцию развития, основанную на все возрастающем росте потребления, которая до сих пор является доминирующей и базируется на старой системе этических норм и ценностей, или люди вступят на путь самоограничения и согласия с природой и жизнью [6].

В «эпоху биотехнологий, — подчеркивает П. Д. Тищенко, — человек разыгрывает самую опасную игру — он „играет в бога“» [7].

Четвертая глобальная научная революция характеризуется синтезом и интеграцией наук, диктующих необходимость объединения фундаментальных внутринаучных ценностей (поиск истины, рост знаний) с вненаучными ценностями общесоциального характера. Внутренняя этика науки, стимулирующая поиск истины и ориентацию на приращение нового знания, постоянно соотносится в этих условиях с общегуманистическими принципами и ценностями. В этом контексте биоэтика играет роль гуманитарной экспертизы, предупреждая и прогнозируя возможные негативные последствия современных достижений науки для биосоциальной сущности человека [4].

По мнению Б. Г. Юдина, „лишь более глубокое и всестороннее, гармоническое развитие науки и техники на благо человека может привести к устранению негативных последствий науки и ее применений, но достичь этого можно лишь в социальных условиях, также ориентированных на благо человека как высшую цель“ [8]. В современной науке, в ее связи с чело-

веком и обществом этический выбор и оценка необходимых решений при их несовпадении с гуманистическими нормами позволяют воспрепятствовать развитию негативных процессов.

В целом науки о жизни в XXI в., подобно другим базовым направлениям мировых исследований, согласно приведенному в работе [3] экспертному мнению, будут определять качество жизни и эффективность деятельности человека с учетом его практической востребованности. И здесь на первый план выходит здоровье в самом широком смысле этого слова, а именно — как совокупность физического, психического и социального благополучия в трактовке Всемирной организации здравоохранения [3].

Акад. Ю. М. Лопухин отмечает: «Одним из важнейших итогов прошедшего XX столетия является осознание мировым сообществом потенциальной опасности необоснованного внедрения новых достижений биологии в практическую медицину. В конце века в силу ряда причин страх перед атомной бомбой сменился страхом перед „бомбой“ медико-биологической» [9].

Неслучайно биовласть становится в современном мире столь актуальной, так как „от того, какова есть природа человека, зависит прочность общественных и властных конструкций современного мира“ [10].

Исследование изменения смысла понятия „технология“ в американской энциклопедической литературе, проведенное Д. Нейсбитом, продемонстрировало, как к слову „технология“, означавшему „объект, материал и физические процессы, отделенные от человеческих существ“, добавились строки о „взаимоотношениях технологии с жизнью, обществом и окружающей средой“, а в определение понятия технологии были включены и ее последствия. Формула „высокая технология — глубокая гуманность“ определяет способность принять технологию, сохраняющую нашу человечность, и отвергнуть технологию, на нее посягающую [11].

Синергетика и теория диссипативных систем И. Пригожина, ставшие ядром постнеклассической научной картины мира, определяют нестабильность как основополагающий фактор развития любой сложной системы. Такая сложная система, как природа, предполагает, что любое насилие со стороны человека исключается, мы можем теперь только прислушаться к этой системе, чтобы успешно взаимодействовать с ней; „... Если же природа содержит нестабильность как существенный элемент, то мы должны уважать ее, ибо мы не можем предсказать, что может произойти“ [12].

Биоэтические проблемы. Определив, что понимается под биоэтическими проблемами современной биомехатроники, а именно возможные угрозы для человека и человечества, возникающие в связи с ее развитием, дополним, что изучение этих проблем — это попытка остановить разрушающее воздействие рыночных отношений на медицину и социальную сферу.

Напомним, что биотехнической системой (БТС) называется система, технические и биологические звенья (элементы) которой объединены в едином контуре управления для достижения целевой функции. Наряду с техническими и биологическими звеньями в структуре БТС выделяют каналы взаимодействия (энергетические, вещественные, информационные). Для достижения целевой функции любая БТС должна создаваться на основе принципов построения, применение которых позволяет оптимизировать структуру и характеристики БТС, обеспечить максимальное согласование ее звеньев и повысить эффективность синтеза системы [13]. В данной статье рассмотрим только первую группу принципов, общетехнических. Сколь бы парадоксально это ни было, но именно несоблюдение общетехнических принципов при создании биомехатронного продукта приводит впоследствии к серьезным биоэтическим проблемам.

Принцип адекватности условий — создание условий для функционирования биологических звеньев системы, которые адекватны условиям естественного функционирования (обитания). Наличие условий, не адекватных естественным, может вызвать изменения

в функционировании систем организма, изменение физиологических и психофизиологических характеристик и, как следствие, невозможность достижения целевой функции БТС [13].

Нарушение этого принципа провоцирует появление таких биоэтических проблем, как нарушение психологического статуса человека, являющегося частью БТС. Яркий пример такого нарушения — история Оскара Писториуса, бегуна (на короткие дистанции) с ампутированными ниже колен конечностями. Используя для бега углепластиковые протезы, разработанные по специальному заказу исландской фирмой “Össur”, О. Писториус, по его словам, мог не только успешно преодолевать физические ограничения, но ставил себе задачу быть быстрее обычных спортсменов. Появление, благодаря техническим возможностям, условий, не адекватных естественным, привело к существенным изменениям психофизиологических характеристик О. Писториуса, что впоследствии стало причиной частых психологических срывов и, в конечном счете, непреднамеренного убийства [14]. Можно предположить, что психофизиологические характеристики О. Писториуса не были достаточно хорошо проанализированы, а создатели его беговых протезов этот фактор не учли.

Принцип единства информационной среды — согласование характеристик информационных потоков в каналах информационного взаимодействия и контурах управления БТС. Информационные характеристики источника информации должны быть согласованы с информационными характеристиками приемника, т.е. пропускная способность приемника должна быть не ниже пропускной способности источника, иначе возможна потеря информации и некорректное управление состоянием системы [13].

Нарушение этого принципа может привести к появлению биоэтических проблем как у самого человека, включенного в систему, так и у общества в целом. Рассмотрим пример установки дорогостоящего современного протеза нижней конечности пациенту, уровень физической активности которого соответствует техническому уровню протеза (стоимость таких протезов в реалиях российского рынка может варьироваться от 1,5 до 5 млн руб.). Однако предположим, что уровень технической подготовки (образования) пациента не может обеспечить этот принцип. Тогда достижение целевой функции такого протеза не только невыполнимо, но по причине отсутствия требуемого информационного взаимодействия использование протеза может нанести непоправимый вред здоровью самого пациента. Начнет действовать компенсаторный механизм, и все ошибки, возникшие в работе такой БТС, из-за несоответствия пропускных способностей приемника и источника, „запустят“ патологические изменения в организме человека. Потери общества в целом будут определяться суммарной стоимостью проведенного дорогостоящего протезирования и не менее дорогостоящей реабилитации в связи с возникновением новой патологии. При этом говорить о достижении целевой функции такой БТС не имеет смысла. Сегодня эта биоэтическая проблема наиболее профессионально и всесторонне рассматривается американскими и английскими школами протезирования, но ее окончательное решение во многом зависит от эффективности совместной работы инженеров, медиков и юристов.

Принцип поэтапного моделирования — последовательное поэтапное уточнение функций биологического объекта в контуре управления, принципов его взаимодействия с техническими звеньями системы и характеристик канала взаимодействия в целях оптимизации функционирования всей биотехнической системы [13].

Нарушение этого принципа может привести к созданию БТС, которая спровоцирует проявление не только ранее неизвестных патологий и сбоев в работе всех составляющих системы, но и негативных последствий в социуме.

Заключение. Рассмотренные биоэтические проблемы — далеко не единственные, так как результатом труда специалистов в области биомехатроники является товар или услуга медико-социального назначения. В условиях постиндустриального общества это требует особого осмысления. В постиндустриальном обществе имеет место замена (подмена) ряда осно-

вополагающих для общества институтов. Институт здравоохранения трансформировался в индустрию здоровья, институт социальной защиты — в реабилитационную индустрию (инвалиды, маргинальные группы и т.п.). Если ранее общество на основе субсидиарной ответственности своих членов оказывало им помощь, то теперь общество оказывает услугу. Услуга — это товар, т.е. неотъемлемая часть рынка и индустрии, рынок имеет свои законы, весьма неоднозначные для оценки влияния на развитие общества в целом.

Если для понятия помощь абсурдна такая характеристика, как стандарт, ибо основой оказания помощи является морально-этическая мотивация, то для услуги стандарт — одна из основных характеристик. Появление стандартов свидетельствует о переходе от штучного, индивидуального, товара к массовому, индустриальному. Таким образом, напрашивается вывод о том, что современные системы здравоохранения и социальной защиты/реабилитации ориентированы не на конкретного человека, а на некий среднестатистический объект из огромного массива. Сам человек становится в условиях рынка набором элементов, живым андроидом (тело, перечень возможных реакций и потребностей). Перспективы человечества при таком варианте развития и трансформации базовых общественных институтов весьма неутешительны. Возникновение биоэтических проблем в этих условиях неизбежно, и специалистам в области биомехатроники следует о них не только знать, но и быть готовыми их решать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биомехатроника и лечебно-исследовательские тренажеры: концептуальные и медико-биологические основы / А. А. Гришин, Ю. П. Герасименко, Т. Р. Мошонкина и др. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 12. С. 37—45.
2. Биомехатронный исследовательский комплекс для двигательной нейрореабилитации / А. П. Алисейчик, И. А. Орлов, В. Ю. Дейнего и др. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. № 12. С. 53—58.
3. Нежметдинова Ф. Т. Биоэтика в контексте современных научных стратегий // Изв. Саратов. ун-та. Сер. Философия. Психология. Педагогика. 2009. Т. 9, вып. 2. С. 32—35.
4. Степин В. С. Генезис социально-гуманитарных наук (философский и методологический аспекты) // Вопр. философии. 2004. № 3. С. 37—43.
5. Степин В. С. Теоретическое знание. Структура, историческая эволюция. М.: Прогресс-Традиция, 2003. 743 с.
6. Садовничий В. А. Знание и мудрость в глобализирующемся мире: Докл. на пленарном заседании IV Российского философского конгресса „Философия и будущее цивилизации“ // Вестн. ВГУ. Сер. Гуманитарные науки. 2005. Вып. 2. С. 3—21.
7. Тищенко П. Д. Био-власть в эпоху биотехнологий. М.: ИФ РАН, 2001. 182 с.
8. Фролов И. Т., Юдин Б. Г. Этика науки. Проблемы и дискуссии. М.: Политиздат, 1986. 256 с.
9. Лопухин Ю. М. Биоэтика и современная медицина // Врач. 2001. № 10. С. 11.
10. Шайхудинов Р. Г. Современные технологии власти // Вопр. философии. 2007. № 11. С. 3—12.
11. Нейсбит Д. Высокая технология, глубокая гуманность: Технологии и наши поиски смысла: Пер. с англ. М.: АСТ, 2005. 381 с.
12. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
13. Биотехнические системы: теория и проектирование: Учеб. пособие / В. М. Ахутин, А. П. Немирко, Н. Н. Перишин, А. В. Пожаров, Е. П. Попечителев, С. В. Романов. Оренбург: Оренбург. гос. ун-т, 2008. 204 с.
14. Суд признал паралимпийца Писториуса виновным в умышленном убийстве [Электронный ресурс]: <<http://tass.ru/proisshestviya/2494621>>.

Сведения об авторах

Елена Владимировна Шатаева

— д-р техн. наук, профессор; СПбГУ; E-mail: shataeva@mail.ru

Евгений Парфирович Попечителев

— д-р техн. наук, профессор; СПб ГЭТУ; E-mail: eugeny_p@mail.ru

- Лука Томашевич** — д-р философии, профессор; Сплитский университет, факультет криминологии
- Светлана Юрьевна Перепелкина** — канд. техн. наук, доцент; Университет ИТМО, кафедра мехатроники; E-mail: sker@mail.ifmo.ru

Рекомендована кафедрой
мехатроники Университета ИТМО

Поступила в редакцию
05.04.16 г.

Ссылка для цитирования: Шатаева Е. В., Попечителей Е. П., Томашевич Л., Перепелкина С. Ю. Биоэтические проблемы биомехатроники // Изв. вузов. Приборостроение. 2016. Т. 59, № 8. С. 677—682.

BIOETHICAL PROBLEMS OF BIOMECHATRONICS

E. V. Shataeva¹, E. P. Popchitelev², L. Tomashevich³, S. Yu. Perepelkina⁴

¹St. Petersburg State University, 199034, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg Electrotechnical University "LETI", 197376, St. Petersburg, Russia

³The University of Split, 21000, Split, Croatia

⁴ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia
E-mail: sker@mail.ifmo.ru

The problems related to the appearance of bioethical problems while using the products and services generated by such a new branch of knowledge as biomechatronics are considered. An overview of publications on bioethical problems is presented. The possibility of using of terminology and basic principles of the theory of biotechnical systems and technologies for implementation of bioethical practices is discussed. Special attention in the implementation of bioethical practice as applied to products and services of biomechatronics is suggested for the analysis of the basic technical principles of creating biotechnical systems of medico-social use. Among the causes of bioethical problems in biomechatronics, it is proposed to take into account the realities of the postindustrial society, the laws of market economy, and a significant transformation of basic social institutions, such as health and social protection.

Keywords: biomechatronics, biotechnical systems and technologies, bioethics, post-nonclassical science

Data on authors

- Elena V. Shataeva** — Dr. Sci., Professor; St. Petersburg State University; E-mail: shataeva@mail.ru
- Evgeny P. Popchitelev** — Dr. Sci., Professor; St. Petersburg Electrotechnical University "LETI"; E-mail: evgeny_p@mail.ru
- Luka Tomashevich** — Dr. Sci., Professor; The University of Split, Department of Criminology
- Svetlana Yu. Perepelkina** — PhD, Associate Professor; ITMO University, Department of Mechatronics; E-mail: sker@mail.ifmo.ru

For citation: Shataeva E. V., Popchitelev E. P., Tomashevich L., Perepelkina S. Yu. Bioethical problems of biomechatronics // Izv. vuzov. Priborostroyeniye. 2016. Vol. 59, N 8. P. 677—682 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2016-59-8-677-682