

ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Статья / Article

УДК / UDC 615.477.2 : 004 : 304.2

DOI 10.35231/18186653_2021_1_194

Имплантируемые киберфизические системы: социально-гуманитарные проблемы внедрения*

А. В. Майоров¹, Е. Д. Тягай²

*¹Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина,
Санкт-Петербург, Российская Федерация*

*²Pen&Paper,
Москва, Российская Федерация*

Введение. В статье описывается комплекс актуальных социально-гуманитарных проблем, связанных с разработкой и использованием имплантируемых в тело человека киберфизических систем (КФС).

Материалы и методы. Для формирования текста статьи использовались общенаучные методы исследования: анализ литературы и нормативно-правовых документов по теме исследования; изучение и обобщение сведений.

Результаты исследования. Авторами статьи были определены основные социально-гуманитарные проблемы развития и использования КФС в сфере здравоохранения на примере имплантатов и протезов; сделан вывод о том, что решение указанных вопросов требует формирования гибкой системы нормативно-правового регулирования. Авторы статьи обращают внимание на необходимость формирования закрепленных на законодательном уровне этических требований и стандартов использования КФС, поскольку внедрение данной технологии в систему здравоохранения неизбежно затрагивает вопросы философского характера, связанные с границами телесности и телесного опыта, личного и публичного, свободы и зависимости, природного и искусственного, человеческого и нечеловеческого.

Обсуждение и заключения. В статье констатируется, что наличие у человека имплантированных в тело КФС, целью которых является поддержание организма в работоспособном состоянии или замена какого-либо органа, не только дает людям новые возможности, но и создает потенциальные риски социально-политического характера, среди которых авторы выделяют проблему границы между восстановлением и улучшением возможностей человеческого тела и проблему “технологической дискриминации”. Кроме того, авторы утверждают, что исследование проблем, причиной которых в будущем может стать использование имплантатов и протезов с внедренными КФС, требует междисциплинарного подхода, а поиск ответов на поставленные в статье вопросы требует междисциплинарного подхода.

* Статья подготовлена в рамках научно-исследовательских проектов Института права цифровой среды НИУ ВШЭ; текст публикуется в авторской редакции.

© Майоров А. В., Тягай Е. Д., 2021

Ключевые слова: киберфизические системы, имплант, протез, медицина, тело, конфиденциальность, безопасность, социально-политические последствия.

Для цитирования: Майоров А. В., Тягай Е. Д. Имплантируемые киберфизические системы: социально-гуманитарные проблемы внедрения / А. В. Майоров, Е. Д. Тягай // Вестник Ленинградского государственного университета имени А. С. Пушкина. – 2021. – № 1. – С. 194–204. DOI 10.35231/18186653_2021_1_194

Implantable cyber-physical systems: social and humanitarian problems of implementation*

Arsenii V. Mayorov¹, Ekaterina D. Tyagai²

*¹Pushkin Leningrad State University,
St. Petersburg, Russian Federation*

*²Pen & Paper,
Moscow, Russian Federation*

Introduction. The article reveals a complex of urgent social and humanitarian problems associated with the development and use of cyber-physical systems (CPS) implanted into the human body.

Materials and methods. To form the text of the article, general scientific research methods were used: analysis of literature and regulatory documents on the research topic; study and generalization of information.

Results. The authors of the article formulated the main social and humanitarian problems of the development and use of CPS in the field of health care using the example of implants and prostheses. The article concludes that the solution of these issues requires the formation of a flexible system of legal regulation. The authors of the article draw attention to the need to formulate ethical requirements and standards for the use of CPS enshrined at the legislative level, since the introduction of this technology into the health care system inevitably raises questions of a philosophical nature related to the boundaries of corporality and bodily experience, personal and public, freedom and dependence, natural and artificial, human and inhuman.

Discussion and conclusion. The article states that the presence in a person of FSCs implanted into the body, the purpose of which is to maintain the body in a working condition or replace any organ, not only gives people new opportunities, but also creates potential risks of a socio-political nature, among which the authors highlight the problem of the boundaries between restoring and improving the capabilities of the human body and the problem of “technological discrimination”. In addition, the authors argue that the study of problems that may be caused in the future by the use of implants and prostheses with implanted FSCs requires an interdisciplinary approach, and the search for answers to the questions posed in the article is on the border of social sciences and humanities.

Key words: cyber-physical systems, implant, prosthesis, medicine, body, privacy, security, socio-political consequences.

* The article is written within the research projects of the Institute of Digital Environment Law of the HSE University; text is published in the author's edition.

For citation: Mayorov, A.V., Tyagai, E.D. (2021). Implantiruemy`e kiberfizicheskie sistemy` : social`no-gumanitarny`e problemy` vnedreniya [Implantable cyber-physical systems: social and humanitarian problems of implementation]. *Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta imeni A. S. Pushkina – Pushkin Leningrad State University Journal*. No. 1. pp. 194–204. DOI 10.35231/18186653_2021_1_194 (In Russian).

Постановка проблемы

Интеграция новых для человеческого сообщества технологий и концепций, активно развивающихся в конце XX – начале XXI века, формирует предпосылки к динамичному развитию и широкомасштабному использованию киберфизических систем в ближайшем будущем. Именно на данную технологию небезосновательно возлагаются надежды относительно того, что что они выступят одним из драйверов нового технологического уклада. В сентябре 2015 г. для публичного обсуждения был опубликован проект рамочной программы по киберфизическим системам, подготовленный NIST (National Institute of Standards and Technology). Программу приняли многие эксперты ЕС, Японии, Южной Кореи, Индии и Китая, а в октябре 2014 г., ещё до публикации документа, было подписано соглашение о ее включении в дорожную карту Германии по Индустрии 4.0. Для экспертного сообщества ценность документа заключалась, в частности, в том, что в нём было предложено емкое определение киберфизических систем: “киберфизические системы (CPS) – это умные системы, которые включают интерактивные инженерные сети из физических и коммуникационных компонент. CPS и связанные с ним системы (включая интернет вещей (IoT) и промышленный интернет) являются инструментами, имеющими огромный потенциал внедрения, создающий пути реализации инновационных приложений, которые оказывают огромное влияние на множество секторов мировой экономики”. К таким секторам NIST причисляет в первую очередь промышленность, энергетику, транспорт и здравоохранение. Вместе с этим, авторитет NIST и признанность упомянутой программы не привели к всеобщему компромиссу относительно, что понимать под термином “киберфизические системы” (далее – КФС).

Определение термина КФС

Начать необходимо с того, что существуют разные точки зрения о стране и времени происхождения рассматриваемого термина. Например, в одних источниках указывается на его появление в Германии в рамках упомянутой программы “Индустрия 4.0”. В других утверждается, что термин КФС предложила Хелен Джилл ещё в 2006 году, под которым понимала “комплексы, состоящие

из природных объектов, искусственных подсистем и контроллеров”. Американские исследователи Э. Ли и С. Сешиа, ссылаясь на определение Х. Джилл, определяют КФС как интеграцию вычислений с физическими процессами [9, с. 5] и подчеркивают, что термин пошел от слова “кибернетика”, введенного в 1948 г. Н. Винером. Схожей позиции придерживается Н. Ла Диего, согласно которому КФС представляет собой интеллектуальную систему, которая включает в себя инженерные взаимодействующие сети физических и вычислительных компонентов [11, с. 6]. Однако понимание КФС как интеграции физического и информационного пространства, хоть и отражает суть данной технологии, не претендует на монополию. Так, существует более широкий взгляд, согласно которому киберфизические системы не только интегрируют кибернетическое начало, компьютерные аппаратные и программные технологии и качественно новые исполнительные механизмы, встроенные в окружающую их среду, но и воспринимают изменения окружающей среды, реагируют на них, самообучаются и адаптируются [4, с. 11]. Парламентом Европейского союза была предпринята попытка дать следующее расширенное определение КФС: Киберфизическая система – это система взаимодействующих вычислительных элементов, управляющих физическими объектами, включая гуманоидных роботов, искусственный интеллект, Интернет вещей (IoT) и любое устройство или машину, которые подключены к сети информации (например, “умный дом”).

В рамках исследовательской прогностической работы “Ethical Aspects of Cyber-Physical Systems”, реализованной в 2016 году EPRS (European Parliamentary Research Service), были приведены следующие варианты определения КФС : а) “КФС – системы, которые состоят из программного обеспечения, встроенного в аппаратное обеспечение, такого как датчики, процессоры и коммуникационные технологии, и могут автономно обмениваться информацией, запускать действия и управлять друг другом независимо”; б) “КФС – интеллектуальные робототехнические системы, связанные с Интернетом вещей, или технические системы сетевых компьютеров, роботов и искусственного интеллекта, которые взаимодействуют с физическим миром”; в) “КФС – технические системы, в которых сетевые компьютеры и роботы взаимодействуют с физическим миром. К 2050 году эти системы могут взаимодействовать с нами во многих областях, двигаться по нашим дорогам, двигаться вместе с нами в нашей повседневной жизни и работать в наших отраслях”. Интересной в силу своего охвата видится характеристика киберфизических систем, данная в рамках грантовой программы Cyber-Physical Systems NSF 18-538, реализуемой Национальным научным фондом США: “КФС – это спроектированные системы, которые

построены и зависят от бесшовной интеграции вычислений и физических компонентов. КФС тесно интегрирует вычислительные устройства, управление, сетевую инфраструктуру и восприятие физического мира. Система может включать взаимодействие человека с контролем или без управления человеком. КФС может также включать несколько интегрированных системных компонентов, работающих в широких разновидностях пространственных и временных масштабов. Они могут быть охарактеризованы признаками, которые могут включать распределенные или централизованные вычисления, многоуровневое иерархическое управление и координацию физических и организационных процессов. КФС могут быть очень большими системами, такими как самолеты и автомобили. Они могут быть интеграцией различных систем в масштабах города или больше, таких как система управления транспортом или интеллектуальная сеть. Альтернативно, они могут представлять собой системы меньшего масштаба, содержащие ансамбли таких компонентов, как медицинские устройства или даже более мелкие системы, работающие в масштабе биологических клеток”.

Отсутствие устоявшегося общепризнанного определения того, что понимать под КФС, объясняется не только очевидным плюрализмом мнений в научной и экспертной среде, но и тем, что киберфизические системы представляют собой крайне сложную инновацию. Кроме того, по мнению В.Б. Наумова, существуют определенные трудности в разграничении таких понятий, как “искусственный интеллект”, “киберфизическая система”, “роботы” и т.д., что является барьером на пути формирования необходимого для исследований понятийного аппарата [2, с. 84]. Сложность и нераскрытый потенциал КФС обуславливает их рассмотрение не только с точки зрения экономического и технического, но и социо-гуманитарного подхода. В данной статье авторы фокусируют внимание на конкретном проявлении КФС в здравоохранении, где данная технология используется в процессах профилактики заболеваний и лечения людей, возвращения граждан с ограниченными возможностями к активной жизни, медицинского мониторинга и ухода за больными [5; 6]. Это объясняется тем, что использование КФС в здравоохранении в силу своей сложности и инновационности неизбежно затрагивает вопросы философского характера, связанные с границами телесности и телесного опыта, личного и публичного, природного и искусственного, человеческого и нечеловеческого, а также свободы и зависимости от кого-либо или чего-либо.

Использование технологии киберфизических систем в медицине: социально-гуманитарные аспекты

Рассмотрение проблем КФС в сфере медицины обусловлено тем, что отрасль разработки и производства технологичных имплантов и протезов является сегодня одной из самых широко разрабатываемых: импланты сетчатки глаза и кохлеарные импланты помогают слабовидящим и слабослышащим людям вновь восстановить утраченные навыки, а мозговые имплантаты помогают восстанавливать память и бороться с последствиями паралича, инсульта и т. д., а также с другими заболеваниями и их последствиями (например, болезнью Альцгеймера). Благодаря совершенствованию бионических технологий всё большее количество людей получает возможность вернуться к нормальной жизни, вновь стать дееспособными членами общества.

Объединение этих технологий с КФС способно стать значимым драйвером для всей отрасли и привести к увеличению продолжительности жизни людей и смещению фокуса от лечения заболеваний к их профилактике. По мере увеличения темпов внедрения таких сложных с технической точки зрения решений, возникают следующие вопросы: где заканчивается человеческое тело и каковы его границы? является ли протез или имплант частью человека или же устройством, отдельным от его тела? как в связи с изменением человеческого тела посредством внедрения в него высокотехнологичных протезов и имплантов будут меняться представления о таких важных понятиях, как самоопределение, идентификация, физическая неприкосновенность, собственность и т.д.? Таким образом, за преимуществами протезов и имплантов с КФС скрываются сложные вопросы, ответы на которые научное и экспертное сообщество должно искать уже сегодня.

На первый взгляд, наличие у человека имплантированных в тело киберфизических систем, целью которых является поддержание организма в работоспособном состоянии (например, контроль уровня инсулина в организме и введение инсулина в случае необходимости) или замена какого-либо органа (например, глазной имплант или протез руки) не создает потенциальных угроз социально-политического характера в будущем, однако это не так. Во-первых, использование подобных протезов и имплантов может вызвать вопросы относительно границ между восстановлением и улучшением возможностей человеческого тела. Так, кохлеарная имплантация с КФС может помочь людям, ежедневно сталкивающимся с повышенным уровнем звука (автоматическая фильтрация громких звуков); глазные импланты с КФС могут дать возможность человеку приближать

далеко расположенные объекты или рассматривать маленькие объекты без использования увеличительных стекол и микроскопов; мозговые имплантаты с внедренным КФС могут дать возможность людям быстрее и эффективнее запоминать необходимую информацию и т.д. Будут ли определяться эти границы? И если да, то кто их будет определять? Актуальность данной проблемы будет расти параллельно с ростом темпов распространения практики использования высокотехнологичных протезов и имплантов. Во-вторых, нельзя исключать возникновение в будущем проблемы “технологической дискриминации”, когда будут решаться вопросы о правовом статусе граждан, имеющих протезы и/или импланты с КФС и не имеющих подобных высокотехнологичных инструментов. Так, например, авторы ранее упомянутого исследования “Ethical Aspects of Cyber-Physical Systems” задаются вопросом о том, могут ли в будущем люди без протезов и имплантов с КФС считаться инвалидами (disabled)?

Основные социально-гуманитарные проблемы развития и использования имплантируемых КФС

Следует подчеркнуть, что характер описанных вопросов можно определить как пограничный, находящийся одновременно между юриспруденцией, философией, антропологией, социологией и политологией. Как справедливо отмечают С.В. Тихонова и С.М. Фролова, переход к практикам улучшения человека становится вызовом для сложившихся антропологических способов определения сущности и границ человеческого [3, с. 287]. Приведем в пример несколько проблем такого характера:

□ Кто будет иметь доступ к данным, собираемым с помощью имплантов и протезов с КФС? Будет ли пациент (пользователь) иметь доступ к своим данным и сможет ли управлять ими самостоятельно? Как найти баланс между интересами государственных институтов, коммерческих организаций, общества и индивидов в таких сложных вопросах, как конфиденциальность данных о здоровье?

□ Чьей ответственностью будет обеспечение человека необходимыми протезами и имплантами с КФС – частной или публичной?

□ Будет ли человек иметь возможность отказаться от передачи данных о своем здоровье государственным институциям, собираемых имплантами и/или протезами с КФС?

□ Как будут меняться такие понятия, как “автономия”, “конфиденциальность” и др. в связи с распространением практики использования и техническим

усложнением имплантов и протезов с КФС?

□ Будет ли осуществляться государственный контроль за людьми с имплантированными КФС из соображений безопасности? Если да, то как он будет осуществляться и не будет ли это нарушать право на неприкосновенность личной жизни?

□ Как обеспечить кибербезопасность людей с имплантированными КФС [10]? Потенциальная возможность взлома имплантов и протезов с КФС сторонними лицами может нести непредвиденные последствия для общества [8, с. 15]. Некогда невозможное прямое немедицинское проникновение в тело человека может использоваться для кражи данных о здоровье человека с целью шантажа или продажи на черном рынке, убийства (например, взлом имплантов, обеспечивающих работу сердца) или манипулирования (взлом мозговых имплантов).

□ Сможет ли человек с имплантированными КФС сопротивляться решениям/рекомендациям системы (например, принимать алкоголь в том случае, если имплант сигнализирует о необходимости этого не делать)? Если да, то должна ли КФС уведомить об этом другие стороны (например, медицинский персонал, родственников и т.д.)?

□ Будут ли протезы и импланты с КФС продаваться гражданам в кредит? Если да, то как будут разрешаться ситуации, когда человек по той или иной причине не может выплачивать кредит на технику, которая стала частью его тела и без которой он не может полноценно функционировать?

Выводы

Представленный выше комплекс социально-гуманитарных вопросов и проблем не является исчерпывающим. Так, существует прогноз, согласно которому к 2050 году население старше 85 лет увеличится втрое в результате роста продолжительности жизни, спровоцированного стремительным развитием технологий (в том числе КФС), что в сочетании с постепенным снижением рождаемости в мире [12; с. 1298–1300] (исключение составляют некоторые страны Африки) приведет к принципиально иному балансу между поколениями и, соответственно, изменениям структуры общества. Каков будет характер последствий этих изменений? Это открытый вопрос, с трудом поддающийся взвешенной оценке. Очевидно то, что значимость роли, которую будут играть КФС в глобальных социально-технических изменениях, будет неизбежно расти. Уже сегодня мы становимся свидетелями первых этапов формирования сложных социотехнических систем, в которых человек и техника становятся взаимозависимыми

[7, с. 10]. С учетом существующего контекста, феномен киберфизических систем представляет для социально-гуманитарных наук особую сложность, поскольку разработка и внедрение КФС во многих сферах жизнедеятельности человека (в том числе в здравоохранении) будет неизбежно иметь юридические, социальные, политические и культурные последствия [1]. Это, в свою очередь, требует формирования гибкой системы нормативно-правового регулирования, способной задавать правила для общества, государственных институций и бизнеса, предупреждающие возникновение проблем и конфликтов (экономических, социальных, политических и др.), связанных с процессами научно-технологического развития. Кроме того, нарастает острая необходимость в формировании закрепленных на законодательном уровне этических требований и стандартов использования КФС, которые могли бы выступать инструментом защиты граждан от сложных с точки зрения юриспруденции ситуаций. В случае игнорирования этой потребности государственные институты, бизнес-структуры и общество будут регулярно сталкиваться с перечисленными социально-гуманитарными проблемами в сфере здравоохранения, что недопустимо в условиях растущих ожиданий от технологических инноваций и общественного запроса на повышение эффективности системы здравоохранения.

Список литературы

1. Воробьев С.М., Комаров С.А. Правовой статус киберфизических систем: теоретико-правовое осмысление // Теория государства и права. – 2020. – № 1. – С. 22–35.
2. Наумов В.Б., Камалова Г.Г. Вопросы построения юридических дефиниций в сфере искусственного интеллекта // Труды Института государства и права Российской академии наук. – 2020. – Т. 15. – № 1. – С. 81–93.
3. Тихонова С.В., Фролова С.М. Цифровое общество и цифровая антропология: трансдисциплинарные основания социально-эпистемологических исследований // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Философия. Психология. Педагогика. – 2019. – № 3 (19). – С. 287–290.
4. Черняк Л. Киберфизические системы на старте // Открытые системы. СУБД. – 2014. – № 2. – С. 10–13.
5. Chen J. Smart and connected health projects: Characteristics and research challenges. International Conference on Smart Health. Springer, Cham, 2018. – С. 154–164.
6. Courtine G. Brain-machine interface: closer to therapeutic reality? The Lancet. – 2013. – С. 515–517.
7. Dey N. Medical cyber-physical systems: A survey. Journal of medical systems. – 2018. – № 4 (42). – С. 73–86.
8. Heng S. Industry 4.0: Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon. Frankfurt am Main Germany, 2014.
9. Lee E. A., Seshia S. A. Introduction to embedded systems: A cyber-physical systems approach. Mit Press, 2016. – 565 p.

10. Loukas G. Cyber-Physical Attacks on Implants and Vehicles. *Cyber-Physical Attacks*. – 2015. – С. 59–104.
11. Noto La Diega G. The European strategy on robotics and artificial intelligence: too much ethics, too little security. *The European Strategy on Robotics and Artificial Intelligence: Too Much Ethics, Too Little Security*. – 2017. – № 2 (3). – P. 6–10.
12. Vollset S. E. et al. Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*. 2020. – С. 1–22.

References

1. Vorobiev, S.M., Komarov, S.A. (2020). Pravovoj status kiberfizicheskikh sistem: teoretiko-pravovoe osmyslenie [Legal status of cyber-physical systems: theoretical and legal review] // *Teoriya gosudarstva i prava* [Theory of state and law]. 2020. No 1. pp. 22–35. (In Russian).
2. Naumov, V.B., Kamalova, G.G. (2020). Voprosy postroeniya yuridicheskikh definicij v sfere iskusstvennogo intellekta [Problems of the formation of the conceptual apparatus in the field of artificial intelligence]. *Trudi Instituta gosudarstva i prava Rossiyskoy akademiy nauk* [Proceedings of the Institute of State and Law of the RAS]. No 1. pp. 81–93. (In Russian).
3. Tikhonova, S.V., Frolova, S.M. (2019). Cifrovoye obshchestvo i cifrovaya antropologiya: transdisciplinarnye osnovaniya social'no-epistemologicheskikh issledovaniy [Digital Society and Digital Anthropology: Transdisciplinary Foundations of Social and Epistemological Research]. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Filosofiya. Psixologiya. Pedagogika* [Izvestiya Saratovskogo universiteta. New series. Philosophy series. Psychology. Pedagogy]. No 3 (19). pp. 287–290. (In Russian).
4. Chernyak, L. (2014). Kiberfizicheskie sistemy na starte [Cyber-physical systems at the start]. *Otkrytye sistemy. SUBD* [Open systems. DBMS]. No 2. pp. 10–13. (In Russian).
5. Chen, J. (2018). Smart and connected health projects: Characteristics and research challenges. *International Conference on Smart Health*. Springer, Cham. pp. 154–164.
6. Courtine, G. (2013). Brain-machine interface: closer to therapeutic reality? *The Lancet*. pp. 515–517.
7. Dey, N. (2018). Medical cyber-physical systems: A survey. *Journal of medical systems*. pp. 73–86.
8. Heng, S. (2014). *Industry 4.0: Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon*. Frankfurt am Main Germany.
9. Lee, E.A., Seshia, S.A. (2016). *Introduction to embedded systems: A cyber-physical systems approach*. Mit Press. 565 p.
10. Loukas, G. (2015). Cyber-Physical Attacks on Implants and Vehicles. *Cyber-Physical Attacks*. pp. 59–104.
11. Noto La Diega, G. (2017). The European strategy on robotics and artificial intelligence: too much ethics, too little security. *The European Strategy on Robotics and Artificial Intelligence: Too Much Ethics, Too Little Security*. pp. 6–10.
12. Vollset, S.E. (2020). Fertility, mortality, migration, and population scenarios for 195 countries and territories from 2017 to 2100: a forecasting analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet*. pp. 1–22.

Вклад соавторов

Соавторство неделимое.

Co-authors' contribution

Co-authorship is indivisible.

Об авторах

Майоров Арсений Валерьевич, кандидат политических наук, доцент, Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина, Санкт-Петербург, Российская Федерация, ORCID 0000-0001-8806-7223, e-mail: polebear@yandex.ru

Тягай Екатерина Давидовна, кандидат юридических наук, Pen&Paper, Москва, Российская Федерация, e-mail: e.tyagay@pen-paper.ru

About the authors

Arsenii V. Mayorov, Cand. Sci. (Polit.), Assistant Professor, Pushkin Leningrad State University, Sankt-Peterburg, Russian Federation, ORCID 0000-0001-8806-7223, e-mail: polebear@yandex.ru

Ekaterina D. Tyagai, Cand. Sci. (Law), Pen & Paper, Moscow, Russian Federation, e-mail: e.tyagay@pen-paper.ru

Поступила в редакцию: 09.03.2021

Received: 09 March 2021

Принята к публикации: 16.03.2021

Accepted: 16 March 2021

Опубликована: 31.03.2021

Published: 31 March 2021