

УДК 330(34.01+142.21)

JEL B41, O14, L60

<https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-16-127-140>

КЛАССИФИКАЦИЯ РОБОТОВ В ЦЕЛЯХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Т. В. Сергиевич

serhiyevich@bntu.by

кандидат экономических наук, доцент,

доцент кафедры «Экономика и право»

Белорусский национальный технический университет

г. Минск, Республика Беларусь

В статье предложены критерии разграничения различных видов роботов (сфера применения, тип рабочей оболочки, специфика замещаемых функций, уровень автономности, степень мобильности) и разработана классификация роботов в целях экономических исследований. Исследованы роботы, используемые в современной экономике. Рассмотрена сложившаяся в литературе дискуссия относительно материального воплощения как (не)обязательного признака робота, а также соотношение робота и искусственного интеллекта.

Ключевые слова: роботизация, робот, классификация роботов, промышленные роботы, медицинские роботы, торговые роботы, сельскохозяйственные роботы, транспортные роботы, исследовательские роботы, социальные роботы, бизнес-процессные роботы, искусственный интеллект, капитал, модернизация экономики, экономическое развитие.

Цитирование: Сергиевич, Т. В. Классификация роботов в целях экономических исследований / Т. В. Сергиевич // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2022. – Вып. 16. – С. 127–140. <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-16-127-140>

Введение. В предыдущих исследованиях нами было сформулировано определение робота как технико-экономического феномена, согласно которому робот – это относительно автономная техническая система, обладающая определенной степенью адаптивности, действующая в материально-технической и (или) виртуально-информационной среде и предназначенная для самостоятельного выполнения поставленных человеком задач на основе принятия решений в результате взаимодействия с внешней средой и реализации способности физического воздействия на объекты материального мира, информационного воздействия на объекты виртуального мира, социально-психологического воздействия на сознание людей. Как социально-экономический феномен робот представляет собой искусственно созданный квазисубъект, действующий в пределах определенной материально-технической и (или) виртуально-информационной среды, основным функциональным предназначением которого является замещение труда человека для повышения социальной и экономической эффективности его деятельности. Важным отличием роботов от традиционных механизированных и автоматизированных систем является размытие персонификации выполняемых им функций.

Современные роботы, применяемые во всех сферах жизнедеятельности человека, характеризуются значительным разнообразием, что обуславливает необходимость их системной, отвечающей уровню развития роботов, классификации в целях экономических исследований. Подобной классификации в научной литературе до настояще-

го времени представлено не было. Для разграничения роботов необходимо разработать четкие критерии, согласно которым может быть произведена классификация и дальнейшее описание роботов. Как нами отмечалось ранее, «технические характеристики роботов постоянно меняются, что не позволяет выделить однозначные и универсальные для всех исторических периодов критерии выделения роботов и, следовательно, четкого разграничения автоматизации и роботизации, подходящего для каждой эпохи» [1, с. 545]. Поэтому чисто технические критерии классификации роботов оставим вне сферы своего внимания, воспользовавшись ими в той мере, в которой это необходимо для достижения цели данного исследования.

Результаты и их обсуждение. Первым и наиболее распространенным критерием выделения различных видов роботов является их сфера применения. По критерию сферы применения роботов принято разделять на промышленные и сервисные. Критерием классификации в данном случае, по существу, выступает не столько непосредственно деятельность, где применяются роботы, сколько то, используются они в промышленности или в любой другой сфере деятельности. При этом, как правило, в литературе речь идет о роботах с материальной оболочкой. Поскольку большинство авторов ссылаются на определения и классификацию роботов, предложенную международным и национальным стандартами, обратимся к данным документам.

Международным стандартом по робототехнике ISO 8373:2021 в оборот вводится следующее определение промышленного робота (англ. industrial robot): «Автоматически управляемый, перепрограммируемый многоцелевой манипулятор, программируемый по трем или более осям, который можно либо зафиксировать на месте, либо прикрепить к мобильной платформе для использования в решениях автоматизации в промышленной среде»¹. В Национальном стандарте Российской Федерации «Роботы и робототехнические устройства» ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:2012, где отмечается, что «классификация роботов на промышленных роботов или сервисных роботов осуществляется в соответствии с их назначением»², под промышленным роботом понимается «автоматически управляемый, перепрограммируемый, реконфигурируемый манипулятор, программируемый по трем или более степеням подвижности, который может быть либо установлен стационарно, либо перемещаться для применения в целях промышленной автоматизации»³. Согласно названному стандарту, сервисный робот (англ. service robot) представляет собой «робот, который выполняет задания, полезные для человека или оборудования, за исключением применений в целях промышленной автоматизации»⁴. Из последнего определения следует, что к сервисным роботам данным документом относятся все остальные роботы, задействованные вне сферы промышленной автоматизации. При этом названным ГОСТом подчеркивается, что схожие технические устройства могут быть классифицированы на промышленные и сервисные в зависимости от сферы их применения. Например, «если шарнирные роботы, используемые на производственных линиях, относятся к промышленным роботам, то похожие шарнирные роботы, используемые для подачи еды, относятся к сервисным роботам»⁵. Среди сервисных роботов выделяется персональный сервисный робот

¹ Robotics – Vocabulary : ISO 8373:2021(en). – Cancels and replaces the second edition ISO 8373:2012. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.iso.org/obp/-ui/#iso:std:75539:en>. – Date of access: 10.05.2022.

² Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения = Robots and robotic devices. Terms and definitions : ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:12. – Взамен ГОСТ Р ИСО 8373-2014. Введен 14.02.2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200162703?marker=7D20K3>. – Дата доступа: 01.05.2022.

³ Там же.

⁴ Там же.

⁵ Там же.

(сервисный робот для персонального использования), «используемый в некоммерческих целях, обычно непрофессионалами»¹. Периодически, по мере достигнутого уровня научно-технического развития, стандарты пересматриваются и совершенствуются. Так, например, стандарт ISO 8373:2021 по сравнению с предыдущей его версией 2012 г., был дополнен такими типами роботов как медицинский робот (англ. medical robot), носимый робот (англ. wearable robot) и др. Впервые медицинский робот, ранее относимый к профессиональным сервисным роботам, выделяется в качестве самостоятельного вида, наряду с промышленным и сервисным, вида робота.

Разделение роботов на промышленные и сервисные (или промышленные, сервисные и медицинские), хотя и представляется достаточно удобным для целей стандартизации, не вполне отвечает задачам описания феноменологической природы роботов, поскольку разделение на промышленные, сервисные и медицинские роботы как однопорядковые в зависимости от сферы их применения неоднозначно и недостаточно. Не всегда сфера применения роботов может быть четко определена. Например, силовые экзоскелеты могут использоваться для складского обслуживания и непосредственно в производственном цеху на одном и том же предприятии. Все более размытые границы применения роботов создают высокую степень условности применимости данного критерия разграничения. Несовершенство данной классификации демонстрирует множество примеров, когда технически и функционально совершенно разные роботы относятся к одному виду. Например, к одному виду роботов – сервисным роботам – относится робот-разведчик, применяемый в военном деле, и робот-пылесос, используемый в быту. Кроме того, в связи с развитием компьютерных и информационно-коммуникационных технологий уточнения требуют вопросы, связанные с соотношением роботов и роботизированных систем, автоматизирующих бизнес-процессы; проблемой соотношения робота и бота; взаимосвязью робота и искусственного интеллекта. Приверженцы подхода разделения роботов на промышленных, сервисных и медицинских, который наиболее часто встречается в научной литературе, решают перечисленные задачи путем констатации (или подразумевая) наличия материальной оболочки как обязательной характеристики роботов.

Классификация роботов с точки зрения сферы применения на промышленные, сервисные и медицинские не отвечает уровню развития робототехники, отражая лишь основы многообразия роботов. В этой связи интересной представляется классификация роботов А. В. Тимофеева, который с точки зрения технических характеристик выделял три поколения роботов – программные (роботы с программным управлением), осязательные (роботы с более сложными системой внешних и внутренних сенсорных датчиков и системой управления) и интеллектуальные (оснащенные сложной управляющей системой с элементами искусственного интеллекта) роботы. В каждом из этих поколений «в зависимости от назначения и решаемого класса задач» [2, с. 38] выделяются такие разновидности роботов как производственные и исследовательские. Согласно данной классификации, «производственные роботы – это роботы, предназначенные для выполнения тяжелой, монотонной, вредной и опасной для здоровья людей физической работы. Для этой группы роботов характерно наличие автоматических исполнительных устройств» [2, с. 38]. Среди производственных роботов А. В. Тимофеевым выделялись «промышленные, сельскохозяйственные, транспортные, строительные и бытовые роботы» [2, с. 38] в зависимости от сферы их применения. Исследовательские роботы, по мнению названного ученого, «служат для поиска, сбора, переработки и передачи информации об исследуемых объектах. К числу таких

¹ Роботы и робототехнические устройства. Термины и определения = Robots and robotic devices. Terms and definitions : ГОСТ Р 60.0.0.4-2019/ИСО 8373:12. – Взамен ГОСТ Р ИСО 8373-2014. Введен 14.02.2019. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200162703?marker=7D20K3>. – Дата доступа: 01.05.2022.

объектов относятся космическое пространство, поверхности планет, подводное пространство, подземные полости (шахты, пещеры и т. п.), Арктика и Антарктида, пустыни, зараженная местность и другие труднодоступные для человека области» [2, с. 38]. Данная классификация, вступая в противоречие с наиболее распространенной классификацией роботов на промышленные, сервисные и медицинские, является вполне правомерной, хотя и также не охватывает всего разнообразия роботов. В ее основе лежит несколько достаточно четких критериев – техническое развитие и решаемые задачи, что повышает степень практической применимости данной классификации, хотя и не решает задачи всеохватывающей классификации роботов.

Особого внимания заслуживают сервисные роботы, используемые в различных сферах производства и жизнедеятельности человека. Рынок сервисных роботов сегодня демонстрирует сравнительно высокие темпы роста. Сервисные роботы по своему функциональному назначению и технологическому исполнению обладают высоким разнообразием, что обуславливает необходимость выделения их разновидностей. С учетом этого перейдем к выделению и описанию видов роботов по критерию сферы применения.

По критерию сферы применения целесообразным представляется выделить следующие виды роботов: промышленные, сельскохозяйственные, транспортные, медицинские, бизнес-процессные роботы, торговые, роботы в сфере военного дела и обеспечения безопасности, исследовательские, социальные и прочие роботы. Рассмотрим каждый из перечисленных видов роботов более подробно.

Промышленный робот – это автоматически управляемый, перепрограммируемый многоцелевой манипулятор, программируемый по трем или более осям, функциональным назначением которого является замещение физического труда человека в промышленном производстве. Промышленный робот, как правило, обладает перепрограммируемой системой управления и исполнительным устройством в виде манипулятора, обладающим тремя и более степенями подвижности. Промышленные роботы весьма разнообразны. Они могут работать как в специально предназначенной для роботов ограниченной среде, так и вместе с человеком. Роботы, предназначенные для совместной работы с человеком – это коллаборативные роботы (коботы). Не все из них относятся к промышленным роботам. «Определяющим различием между коллаборативными роботами и традиционными промышленными роботами является прямое взаимодействие с людьми. Использование этого взаимодействия позволяет организациям, по крайней мере теоретически, применять сильные стороны и выносливость роботов с неявными знаниями и гибкими навыками принятия решений людей» [3, р. 14]. Промышленные роботы могут быть как стационарными, так и мобильными. Промышленные роботы выступают важнейшим элементом современного гибкого автоматизированного производства и служат для автоматизации сварочных, сборочных, покрасочных и других видов работ. Наиболее распространены промышленные роботы на предприятиях машиностроения, автомобилестроения, в производстве электроники, металлургии, химической и фармацевтической промышленности.

Сельскохозяйственные роботы – роботы, используемые в животноводстве (функции доения животных, уборки продуктов их жизнедеятельности, кормление животных и др.) и в растениеводстве (функции удобрения, полива и прополки полей, подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур, сбора урожая, мониторинга сельскохозяйственных угодий, контроля всхожести и роста посевов и др.). Для выполнения вспомогательных операций, таких как транспортировка, уборка, складирование, упаковка и др., могут использоваться не специфичные для сельского хозяйства роботы. По определению Н. Рамеш Бабу, В. И. Набокова и Е. А. Скворцова, сельскохозяйственный робот – это «автоматическое устройство, предназначенное для осуществления производственных и других операций в сельском хозяйстве, которое дей-

ствуется по заранее заложенной программе и получает информацию о внешнем мире от датчиков, самостоятельно осуществляет производственные и иные операции, обычно выполняемые человеком. При этом робот может как иметь связь с оператором (получать от него команды), так и действовать автономно» [4, с. 85]. В приведенном определении названные авторы не отражают специфику сельскохозяйственных роботов (за исключением прямого указания сферы его применения), однако содержательно раскрывают ее в дальнейшем при описании особенностей их функционирования: «Сельскохозяйственная робототехника использует системы управления, функционирующие в условиях изменяющихся природно-климатических условий»; «обеспечивает работу с живыми организмами – растениями, животными, оперирует с неотсортированными и неупорядоченными объектами (различными сортами растений, кустарников, плодоносящих деревьев и т. д.)»; «использует инструменты и другое оборудование, предназначенные для работы человека»; «обеспечивает перемещение робота в животноводческих помещениях или открытой местности»; «обеспечивают безопасность для работающих рядом людей и животных» [4, с. 87]. Выделение сельскохозяйственных роботов в качестве отдельного вида целесообразно по причине специфичности функций, ими выполняемых, особой среды их применения – их используют в не предназначенных напрямую для внедрения роботов, неструктурированных средах, в работе с живыми организмами.

Следующим видом роботов являются транспортные роботы. Помимо перепрограммируемого устройства и одного или нескольких манипуляторов, транспортные роботы характеризуются наличием ходового устройства. Транспортные роботы могут использоваться как для обеспечения внутрицеховой логистики на предприятии, так и в не специфических для роботов условиях – на дорогах общего пользования, тротуарах и т. д., а также в воздушном пространстве. Важное место в структуре транспортных роботов занимают складские роботы, которые служат, главным образом, для перемещения товаров на складе, что позволяет отнести их к числу транспортных роботов. К транспортным роботам можно отнести беспилотные автомобили, способные самостоятельно перемещаться в пространстве без непосредственного участия человека. Особую разновидность транспортных роботов составляют и беспилотные летательные аппараты, используемые, главным образом, для доставки товаров. В качестве одного из важнейших факторов развития транспортной (включая логистическо-складскую) робототехники ученые называют «изменение ожиданий потребителей (в связи с развитием электронной коммерции)», что «вынуждает поставщиков услуг внедрять технологии автоматизации. В частности, введение доставки в тот же день (и вытекающее из этого предпочтение потребителей в пользу быстрой доставки) повлекло за собой новые вызовы для управления логистикой и складом» [5, р. 22–23]. В литературе подчеркивается наличие «значительного интереса к проблеме последней мили» [6, р. 311], связанной с организацией заключительного этапа доставки товаров конечному покупателю от распределительного центра. Решение данной проблемы видится в массовом применении транспортных роботов – мобильных платформ, роботов-дронов и т. д. Еще одна проблема, потенциалом к решению которой обладают транспортные роботы, – это нехватка рабочей силы в сельской местности, где зачастую располагаются распределительные центры, склады и иные объекты логистической инфраструктуры.

Медицинские роботы используются в сфере здоровья и здравоохранения. Среди медицинских роботов выделяются роботы, функциональным назначением которых является замещение труда врача (диагностические, хирургические, терапевтические и другие роботы) и замещение труда младшего медицинского персонала (роботы для обхода больных, инъекций, забора анализов и т. д.); роботы, предназначенные для реабилитации пациентов после перенесенных травм, операций, заболеваний; роботопротезы (замещающие отсутствующую часть тела или орган); медицинские эк-

зоскелеты (предназначенные для возвращения или поддержания мобильности пациентам с ограниченными возможностями перемещения, пожилым людям). Пандемия COVID-19 стала драйвером развития медицинской робототехники, обострив объективную необходимость проведения большого количества исследований больных и снижения рисков безопасности медицинского персонала. Частичной автоматизации подлежат осмотр пациентов, измерение физиологических параметров человека, забор материалов, лабораторные исследования и др.

Особое место среди роботов занимают программные роботы для автоматизации бизнес-процессов – RPA-роботы (от англ. *Robotic process automation* – роботизированная автоматизация бизнес-процессов). Термин «программные роботы» в научной литературе наделяется различными смыслами. Например, А. В. Тимофеев под программными роботами предлагал понимать «роботы первого поколения» – «роботы с программным управлением», предназначенные «для выполнения определенной жестко запрограммированной последовательности операций, диктуемой тем или иным технологическим процессом» [2, с. 30]. Сегодня под программным роботом принято понимать робота без материальной оболочки, представляющего собой программное обеспечение с технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения, автоматизирующего выполняемые ранее вручную процессы. В связи с этим терминологическим расхождением считаем целесообразным отказаться от данного термина в пользу дефиниции «бизнес-процессные роботы» – роботы, способные автоматизировать бизнес-процессы. «Внедрение RPA нельзя отождествлять с внедрением программного обеспечения; вместо этого необходимо рассматривать его в контексте реализации ряда бизнес-изменений и их результатов» [7, р. 4]. – справедливо отмечается в научной литературе. А. Собчак определяет роботизированную автоматизацию бизнес-процессов как «концепцию, охватывающую процесс, содержание и результат организационных изменений, в основе которой лежит автоматизация бизнес-процессов, осуществляемая с использованием программных роботов» [7, р. 4]. Бизнес-процессные роботы, как правило, имитируют действие человека при работе с информационными системами через пользовательские интерфейсы. Иногда такой тип роботов называют «цифровая рабочая сила». Бизнес-процессные роботы способны замещать рутинные операции офисных сотрудников в промышленности или в сфере услуг, не требующие экспертной оценки, принятия сложных решений и наличия творческой составляющей труда.

Следующим видом роботов с точки зрения сферы применения является торговый робот. Торговый робот или трейдер – это «специализированная компьютерная программа для совершения операций на биржевом рынке», умеющая «анализировать текущее состояние рынка и выбирать из нескольких возможных наиболее оптимальный алгоритм совершения сделок» [8, с. 88]. Основным функциональным предназначением торгового робота является совершение операций на биржевом рынке в результате быстрого принятия решений по заданным алгоритмам анализа текущего состояния рынка. В большинстве случаев сегодня человек физически не может конкурировать с торговым роботом в скорости анализа информации и принятия решений при условии реализации относительно стандартных сделок, допускающих действие по определенному алгоритму. Как отмечается в литературе, «даже очень профессиональному трейдеру требуется хотя бы 15–20 секунд для оценки ситуации и совершения сделки, в то время как торговый робот способен проделать то же самое за несколько десятков миллисекунд. Даже по самым скромным оценкам, он может принимать решения в 400–500 раз быстрее человека» [8, с. 88]. Кроме того, при использовании торговых роботов нивелируется действие человеческого фактора (усталость, сомнения, полагание на интуицию, стресс, эмоции, импульсивность и др.). Вместе с тем, как отмечают эксперты, «пока торговые роботы не могут полностью заменить человека на фондовом рынке, однако они вполне могут использоваться как инстру-

мент для повышения эффективности торговли» [8, с. 89]. Роботы не могут анализировать специфические факторы, не поддающиеся алгоритмизации, подвержены техническим ошибкам. Поэтому при всех преимуществах торговые роботы не заменяют полностью, а дополняют деятельность человека в сфере биржевой торговли.

Роботов в сфере военного дела и обеспечения безопасности объединяют опасные условия функционирования. Военные роботы используются для работы в боевых условиях. К ним относятся роботы-разведчики, роботы, осуществляющие разминирование объектов, боевые роботы и др. Вооруженные силы большинства ведущих стран мира увеличивают использование различных типов роботов в сфере военного дела. И если, с одной стороны, эксперты указывают на то, что «эти качественные изменения позволяют частично компенсировать значительные сокращения личного состава и практически всех видов "традиционной" (не автоматизированной) боевой техники» [9, с. 68], то с другой – подчеркивают необходимость «учитывать серьезные морально-этические и правовые проблемы, возникающие в связи с использованием такого рода систем» [9, с. 68]. Роботы для обеспечения безопасности человека используются для охраны правопорядка, в тушении пожаров, при разборах завалов, при наводнениях и прочих природных катаклизмах, в поисково-спасательных работах.

Особый вид роботов – это исследовательские роботы, которые служат целям получения информации, как правило, в сложно доступных или не доступных для человека местах – в космосе, под водой, на дне океана, в условиях высокой радиации, в теле человека. Важной особенностью таких роботов является научная или исследовательская функция, сопряженная с получением новой информации. Это отличает их от военных роботов (например, роботы-разведчики) и от медицинских роботов (например, диагностические роботы), которые в процессе своего функционирования также собирают необходимые данные.

Еще одним видом роботов, связанных с обменом информацией, являются социальные роботы. Сфера функционирования социальных роботов – взаимодействие, коммуникация людей и роботов, выполняемая с различными целями. Сегодня данная область исследований активно развивается и включает в себя симбиоз достижений инженерной мысли, экономики, социологии и психологии. К социальным роботам относятся роботы-сиделки, роботы-няни, а также виртуальные роботы – боты, выполняющие функции коммуникации и производство определенного поведения субъекта, на которого направлено коммуникативное воздействие. Социальные роботы могут иметь материальную оболочку или не иметь ее, действуя исключительно в виртуально-информационной среде. Н. Н. Зильберман пишет, что «с 1990-х гг. наметились новые тенденции, связанные с разработкой сервисных роботов (уборщики, сиделки, няни, гиды и т. п.), что в итоге привело к появлению нового направления – социальной робототехники, делающей акцент на включении робототехнических систем в социальные взаимодействия» [10, с. 66]. Н. Н. Зильберман противопоставляет промышленных и социальных роботов-помощников: «Перед нами два типа роботов: промышленные и социальные роботы-помощники <...> Различия роботов – в сфере их применения и их принципах взаимодействия с человеком. Так, промышленные роботы предназначены для замены человека в производственных процессах и создавались исключительно в функциональных целях как инструмент. Роль человека состоит лишь в управлении и контроле. Социальные же роботы-помощники призваны выполнять сервисные функции и при этом взаимодействовать с человеком в другом качестве, выполняя (в отличие от промышленных или бытовых, например, роботов-пылесосов) определенные социальные роли: коллега, друг, учитель и даже начальник. Социальный робот не заменяет человека, наоборот, находится рядом с ним во многих сферах жизни» [10, с. 68]. В дополнение рассуждения Н. Н. Зильберман следует заметить, что промышленный робот в ряде случаев не заменяет человека, а создан для выполнения операций

вне сферы человеческих возможностей. Робот, будучи квазисубъектом социальных отношений, не может на себя взять истинно социальную роль (присвоить социальную функцию), которая не ограничивается простой коммуникацией в узком смысле слова, а включает в себя эмоционально-чувственную составляющую, основанную на привязанности, признании авторитета, уважении, любви, опыте, доверии и т. д. Социальный робот лишь имитирует социальное поведение человека на основе заложенных алгоритмов, дополняемых данными, получаемыми в процессе его самообучения. Социальные роботы-помощники, по мнению Н. Н. Зильберман, «способны осуществлять социальное взаимодействие с человеком: использовать вербальные и невербальные средства коммуникации в соответствии с социальными нормами, распознавать эмоции и, в зависимости от результата, менять стратегии поведения» [10, с. 66–67]. Социальные нормы, лежащие в основе поведения роботов, формируются либо на основе заложенных человеком принципов (как известно, социальные нормы отличаются в зависимости от конкретного общества, периода его развития, обычаев и традиций, политической конъюнктуры, социально-классовой принадлежности человека и т. д.), либо в результате анализа больших данных и машинного обучения, что также придает субъективный характер данным принципам. В этом случае у робота отсутствует созидательное начало в коммуникации, что не позволяет говорить о полном замещении социальными роботами людей.

В виду довольно быстрого развития робототехники оставим перечень типов роботов открытым, дополнив его видом «прочие роботы». Данную группу составляют строительные роботы, к числу которых относятся роботы-демонтажники, роботы-штукатуры, роботы-каменщики, роботы-бурильщики и т. д., замещающие, как правило, физически тяжелый труд, труд в сложных внешних условиях; образовательные роботы, функционирующие в различных областях сферы образования (например, роботопациенты – роботы, имитирующие пациента для обучения врачей и младшего медицинского персонала); развлекательные роботы, функционирующие в индустрии развлечений (роботы-гиды) либо персональные роботы (роботы-игрушки); роботы, замещающие работников сферы бытовых услуг, общественного питания, гостиничного бизнеса (роботы-парикмахеры, роботы-бармены, роботы-хостес, роботы-официанты); бытовые роботы, функциональным назначением которых является выполнение бытовых повседневных функций человека (уборка помещений, приготовление пищи, мытье посуды и т. д.) и др.

Вторым критерием классификации роботов является тип рабочей оболочки, который определяется наличием либо отсутствием материального (аппаратного) воплощения робота. В зависимости от типа рабочей оболочки следует выделять роботов с материальной оболочкой и роботов без материальной оболочки.

О наличии материального (аппаратного) воплощения как обязательного признака робота в научной литературе присутствует больше всего разногласий. «Основное противоречие, – рассуждает Дж. Пирсон [J. Pearson], – возникает между роботом как чем-то, имеющим тело, и роботом как "системой", в меньшей степени связанной с материальным воплощением» [11]. В большинстве существующих определений робот представляется как «механизм» («внутреннее устройство (система звеньев) машины, прибора, аппарата, приводящее их в действие»¹) или «устройство» («рукотворный объект со сложной внутренней структурой, созданный для выполнения определенных функций, обычно в области техники»²). Тем самым исследователями фактически уста-

¹ Механизм [Электронный ресурс]. – Академик. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ogegova/278000>. – Дата доступа: 15.03.2022.

² Устройство [Электронный ресурс]. – Академик. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1659472>. – Дата доступа: 15.03.2022.

навливается граница между роботом как устройством – физическим объектом – и роботом, существующим и выполняющим функции исключительно в виртуально-информационной среде. И хотя по-прежнему большинство исследователей в сфере робототехники игнорируют необходимость такого разграничения, не ставя перед собой задачу определения круга исходных понятий, отнесение к роботам исключительно роботов с материальной оболочкой, сложившееся исторически под влиянием НТП, сегодня не представляется столь однозначным. Х. Дж. Уильсон [H. James Wilson] по этому поводу отмечает, что «сегодня большая часть работы представляет собой интеллектуальный труд, поэтому определение робота должно распространяться даже на автоматизированные компьютерные программы, включая когнитивные вычисления, представляющие собой ИТ-системы, способные ощущать, понимать и действовать» [12]. Те же ученые, объектом исследования которых изначально является робот без материального (аппаратного) воплощения, как правило, ограничиваются краткой оговоркой относительно применяемой в рамках их исследования терминологии. Например, исследующая особенности телефонного взаимодействия с оператором-человеком и автоматизированным оператором А. С. Максимова последнего называет роботом, делая оговорку, что «автоматизированный оператор представляет автономно работающую программу, но не "робота" в строгом смысле слова. У него нет физического "тела", корпуса, для пользователей он представлен лишь звуковыми реакциями на их реплики» [13, с. 46], хотя и четко не поясняя, в чем заключается понимание робота «в строгом смысле слова» и какими признаками, помимо наличия физической оболочки, он обладает.

Более четкую позицию относительно наличия материальной оболочки как признака робота заявляют М. Асада [M. Asada], К. Ф. МакДорман [K. F. MacDorman], Х. Исигуро [H. Ishiguro] и Я. Куниеси [Y. Kuniyoshi], которые вслед за Р. А. Бруксом [R. A. Brooks] [14] считают, что «физическое воплощение необходимо для проектирования структуры интеллектуальных систем» [15, р. 187]. А. В. Тимофеев, описывая отличие роботов от программ, акцентирует внимание на обязательном наличии исполнительного механизма роботов: «Именно способность к обучению путем активного взаимодействия с реальным миром отличает роботов от разного рода автоматов и программ, служащих для автоматизации тех или иных операций. Если программы, реализуемые на вычислительных машинах, имеют дело лишь с символическими системами переработки информации, то роботы обязаны, используя свои искусственные органы чувств, соотносить эти символические системы с реальным физическим миром и воздействовать на него с помощью исполнительных механизмов» [2, с. 15–16]. Однако является ли физическое воздействие на внешнюю окружающую среду принципиально отличным от, например, информационного воздействия на внешний мир при анализе разграничения роботов в целях экономических исследований? В. В. Василькова, Н. И. Легостаева и В. Б. Радушевский, исследующие роль ботов – «субъектов коммуникации особой гибридной природы» – в современном социальном взаимодействии, приводят определение социальных ботов. Под последними в широком смысле названные авторы со ссылкой на коллектив авторов в работе [16] понимают «программы, которые автоматически создают контент и взаимодействуют с другими пользователями, продвигая данный контент» [17, с. 203], в узком смысле со ссылкой на авторов в работе [18] – «автоматизированные программные комплексы, которые имитируют поведение реальных пользователей социальных сетей» [17, с. 203]. В данном случае не вполне четким представляется разграничение широкого и узкого понимания социальных ботов, поскольку в приведенных определениях речь идет о различных аспектах их функционирования – во-первых, проявление активности путем создания и продвижения контента, что является функциональным предназначением социальных ботов, и во-вторых, имитация поведения реальных пользователей, что описывает механизм до-

стижения поставленной цели. Однако все это позволяет нам заключить, что отличие ботов (в том числе социальных) от других программ состоит в имитации субъектной активности, и именно эта особенность создает основания отнесения ботов к роботам, а именно к виду роботов без материальной оболочки.

Иначе обстоит дело с искусственным интеллектом, который так же, как и боты, не имеет материального (аппаратного) воплощения. «Искусственный интеллект – самостоятельная область теории вычислительных машин и систем, изучающая возможности создания устройств, способных принимать разумные решения. В этом их принципиальное отличие от полностью автономных устройств, хотя и отчасти размытое. Некоторые специалисты относят искусственный интеллект к сфере робототехники, но все же чаще его выделяют в самостоятельное направление, хотя и способное оказать значительное влияние на робототехнику. Подобная точка зрения основана на предположении, что искусственный интеллект может не иметь аппаратного воплощения, а существовать самостоятельно, без привязки к какому-либо устройству» [19, р. 9]. Влияние искусственного интеллекта на робототехнику заключается в том, что он, являясь инструментом для роботов, позволяет существенно расширить функциональные возможности и эффективность последних. Искусственный интеллект является инструментом, позволяющим роботу повышать степень своей автономности и адаптивности, не обладая сам по себе достаточной степенью автономности, самостоятельным функциональным назначением, целесообразностью и рациональностью действий для того, чтобы отнести его к роботам.

С учетом вышеназванного, на наш взгляд, наличие материальной оболочки не является обязательным признаком робота, а по критерию типа рабочей оболочки можно выделить роботов с материальной оболочкой и роботов без нее. Роботы с материальной оболочкой предназначены для функционирования в материальной рабочей среде. К их числу относятся роботы, применяемые в живом организме, в космосе, в воздухе, наземные роботы, подземные роботы, подводные роботы. Встречаются и смешанные типы роботов – например, роботы-амфибии, которые могут перемещаться как в воде, так и по твердой поверхности. Роботы без материальной оболочки функционируют в виртуально-информационной среде. Четкого разграничения требуют роботы без материальной оболочки и искусственный интеллект. Последний, не обладая свойством квазисубъектности, является лишь инструментом, расширяющим возможности и повышающим эффективность роботов.

Третьим критерием классификации роботов является специфика замещаемых им функций. С учетом данного критерия роботы подразделяются на замещающие физические, когнитивные или коммуникационные функции живого существа. Физические функции живого существа заменяют роботы с материальной физической оболочкой. К данной категории относятся, главным образом, промышленные роботы, замещающие рутинный, тяжелый труд человека в производственном процессе. Когнитивные функции живого существа заменяют, главным образом, исследовательские роботы, обладающие искусственным интеллектом и способные решать сложные и сверхсложные задачи. К роботам, замещающим коммуникационные функции живого существа, относятся, главным образом, социальные роботы.

Четвертым критерием классификации роботов является степень их автономности. По данному критерию роботы подразделяются на дистанционно-управляемые, полуавтономные, автономные роботы. Дистанционно-управляемые роботы предполагают контроль их поведения человеком, физически находящимся на определенном расстоянии от места нахождения робота. Чаще всего дистанционно-управляемые роботы применяются в неструктурированных и не предназначенных специально для перемещения роботов средах, где требуется дополнительный контроль ситуации со стороны человека. Дистанционно-управляемые роботы «выполняют такие задачи, как

проверка труб, аэрофотосъемка и обезвреживание бомб, которые зависят от оператора, управляющего устройством. Эти роботы не автономны; они используют свои датчики, чтобы предоставить оператору удаленный доступ к опасным, удаленным или недоступным местам» [10, р. 4]. Полуавтономные роботы разделяют задачи и принятие решений с человеком – оператором робота. Например, «автопилот дрона стабилизирует полет, а человек выбирает траекторию полета. Робот в трубе может управлять своим движением внутри трубы, пока человек ищет дефекты, которые необходимо устранить» [20, р. 4]. Автономные роботы принимают решения и выполняют задачи самостоятельно.

Пятым критерием классификации роботов является степень их мобильности. По признаку мобильности роботы бывают стационарные, мобильные и носимые. «Стационарные роботы, – подчеркивают М. Бен-Ари [M. Ben-Ari] и Ф. Мондада [F. Mondada], – это в основном промышленные роботы-манипуляторы, которые работают в четко определенных средах, адаптированных для роботов. Промышленные роботы выполняют определенные повторяющиеся задачи, такие как пайка или покраска деталей на автомобильных заводах» [20, р. 1]. Стационарные роботы могут перемещаться, однако их перемещение производится не в процессе выполнения рабочих задач. Применение стационарных роботов, функционирующих в ограниченной, предназначенной специально для робота структурированной среде, более безопасно для робота и человека. Мобильные роботы обладают возможностью перемещения – как в специально отведенных для роботов местах (например, складские роботы), так и в неопределенных средах, не предназначенных специально для их использования (роботы-пылесосы, роботы – доставщики еды, беспилотники и др.). К носимым роботам, которые служат совершенствованию движений и улучшению физических способностей человека, относятся главным образом экзоскелеты, используемые в здравоохранении, промышленности и военном деле.

Выводы. Таким образом, в статье была произведена систематизация роботов, включающая в себя разработку классификаций по пяти критериям – сфера применения, тип рабочей оболочки, специфика замещаемых функций, уровень автономности и степень мобильности. С точки зрения сферы применения следует выделить такие виды роботов как промышленные, сельскохозяйственные, транспортные, медицинские, бизнес-процессные роботы, торговые, роботы в сфере военного дела и обеспечения безопасности, исследовательские, социальные и прочие роботы. По типу рабочей оболочки выделяются роботы с материальной оболочкой и без нее. С точки зрения специфики замещаемых функций выделяются роботы, замещающие физические, когнитивные и коммуникационные функции человека. По уровню автономности роботы бывают дистанционно-управляемые, полуавтономные и автономные. Наконец, с точки зрения степени мобильности выделяются стационарные, носимые и мобильные роботы.

Сделан вывод о том, что наличие материальной оболочки не является обязательным признаком робота. В то же время разграничения требуют роботы без материальной оболочки и искусственный интеллект. Последний, в отличие от робота, не обладая свойством квазисубъектности, является инструментом, расширяющим возможности и повышающим эффективность роботов.

Список использованных источников

1. Солодовников, С. Ю. Теоретико-методологические предпосылки исследования роботизации экономики / С. Ю. Солодовников, Т. В. Сергиевич // Экономика и управление. – 2022. – Т. 28, № 6. – С. 538–548. [http:// doi.org/10.35854/1998-1627-2022-6-538-548](http://doi.org/10.35854/1998-1627-2022-6-538-548)

2. Тимофеев, А. В. Роботы и искусственный интеллект / А. В. Тимофеев ; Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука». – М., 1978. – 192 с.
3. Knudsen, M. Collaborative Robots: Frontiers of Current Literature / M. Knudsen, J. Kaivo-Oja // *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*. – 2020. – № 3 (2). – Pp. 13–20. <http://doi.org/10.38016/jista.682479>
4. Рамеш Бабу, Н. Классификация и особенности робототехники в сельском хозяйстве / Н. Рамеш Бабу, В. И. Набоков, Е. А. Скворцов // *Аграрный вестник Урала*. – 2017. – № 2 (156). – С. 82–88.
5. Mapping the Evolution of the Robotics Industry: A cross country comparison / E. Estolatan [et al.] // *Department of Economics and Statistics Cognetti de Martiis. Working Papers*. – 2018. – № 05. – University of Turin. – 2018. – 32 p.
6. A Roadmap for US Robotics – From Internet to Robotics 2020 Edition / H. I. Christensen [et al.] // *Foundations and Trends in Robotics*. – 2021. – Vol. 8, № 4. – P. 307–424.
7. Sobczak, A. Robotic Process Automation as a Digital Transformation Tool for Increasing Organizational Resilience in Polish Enterprises / A. Sobczak // *Sustainability*. – 2022. – № 14. – 1333. <https://doi.org/10.3390/su14031333>
8. Федотова, Г. В. Алгоритмизация торговых стратегий фондового рынка / Г. В. Федотова, А. А. Ермакова, Д. А. Куразова // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2016. – № 11. – С. 87–95.
9. Трунов, Ф. О. Роботизация вооруженных сил ФРГ: политико-правовые и военно-технические аспекты / Ф. О. Трунов // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 25: Международные отношения и мировая политика*. – 2017. – № 4. – С. 67–96.
10. Зильберман, Н. Н. Социальные роботы-помощники на производстве / Н. Н. Зильберман // *Гуманитарная информатика*. – 2013. – Вып. 7. – С. 66–71.
11. Pearson, J. The Sheer Difficulty of Defining What a Robot Is [Electronic resource] / J. Pearson // *Motherboard. Tech by Vice*. – Publ. date 17.04.2015. – Mode of access: <https://www.vice.com/en/article/5394v5/the-sheer-difficulty-of-defining-what-a-robot-is>. – Date of acces: 10.04.2022.
12. Wilson, H. J. What is a robot, anyway? [Electronic resource] / H. J. Wilson // *Harvard Business Review*. – 2015. – Publ. date 15.04.2015. – Mode of access: <https://hbr.org/2015/04/what-is-a-robot-anyway>. – Date of acces: 12.04.2022.
13. Максимова, А. С. Опыт пользователя телефонной справочной службы: взаимодействие с оператором-человеком и роботом / А. С. Максимова // *Журнал социологии и социальной антропологии*. – 2019. – № 22 (6). – С. 44–68. <https://doi.org/10.31119/jssa.2019.22.6.4>
14. Brooks, R. A. Elephants don't play chess / R. A. Brooks // P. Maes (Ed.) ; Cambridge : Designing Autonomous Agents, MIT Press; Amsterdam : MA/Elsevier Science, 1991. – P. 3–15.
15. Cognitive developmental robotics as a new paradigm for the design of humanoid robots / M. Asada [et al.] // *Robotics and Autonomous Systems*. – 2001. – № 37. – P. 185–193.
16. The rise of social bots / E. Ferrara [et al.] // *Communications of the ACM*. – 2016. – № 59 (7). – P. 96–104.
17. Василькова, В. В. Тематический ландшафт бот-пространства социальной сети «ВКонтакте» / В. В. Василькова, Н. И. Легостаева, В. Б. Радусhevский // *Журнал социологии и социальной антропологии*. – 2019. – № 22 (4). – С. 202–245. <https://doi.org/10.31119/jssa.2019.22.4.8>
18. The Socialbot Network: When Bots Socialize for Fame and Money [Electronic resource] / Y. Boshmaf [et al.] // *Proceedings of the 27th Annual Computer Security Appli-*

cations Conference, Orlando, Florida USA, 5–9 Dec. 2011. – Mode of access: <http://lerssedl.ece.ubc.ca/record/264/files/264.pdf>. – Date of access: 08.06.2022.

19. Keisner, A. Robotics: Breakthrough Technologies, Innovation, Intellectual Property / A. Keisner, J. Raffo, S. Wunsch-Vincent // Foresight and STI Governance. – 2016. – Vol. 10, № 2. – P. 7–27.

20. Ben-Ari, M. Robots and Their Applications. In: Elements of Robotics / M. Ben-Ari, F. Mondada. – Berlin : Springer, 2018. – P. 1–20. https://doi.org/10.1007/978-3-319-62533-1_1

Статья поступила в редакцию 1 июля 2022 года

CLASSIFICATION OF ROBOTS FOR ECONOMIC RESEARCH

T. V. Serhiyevich

PhD in Economics, Associate Professor,
Associate Professor of the Department “Economics and Law”
Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

The article proposes criteria for distinguishing between different types of robots (field of application, type of working shell, specificity of replaced functions, level of autonomy and degree of mobility). We developed a classification of robots for the purposes of economic research. The robots used in the modern economy are investigated. The discussion that has developed in the literature regarding the physical embodiment as an (optional) feature of a robot, as well as the relationship between a robot and artificial intelligence, is considered.

Keywords: robotization, robot, robot classification, industrial robots, medical robots, trading robots, agricultural robots, transport robots, research robots, social robots, business process robots, artificial intelligence, capital, economic modernization, economic development.

References

1. Solodovnikov, S. Yu., Serhiyevich, T. V. (2022) Theoretical and methodological prerequisites for studying economy robotization. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 28(6), 538-548. Available from: <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2022-6-538-548> (In Russian).

2. Timofeev, A. V. (1978) *Roboty i iskusstvennyj intellekt* [Robots and artificial intelligence]. Moscow: Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury izdatel'stva «Nauka». (In Russian).

3. Knudsen, M., Kaivo-Oja, J. (2020) Collaborative Robots: Frontiers of Current Literature. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*. 3(2), 13-20. Available from: <http://doi.org/10.38016/jista.682479>

4. Ramesh Babu, N., Nabokov, V. I., Skvortsov, E. A. (2017) Classification and features of robotics in agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2(156), 82-88.

5. Estolatan, E., Geuna, A., Guerzoni, M., Nuccio, M. (2018) Mapping the Evolution of the Robotics Industry: A cross country comparison. *Department of Economics and Statistics Cognetti de Martiis. Working Papers*. № 05. University of Turin. 32 p.

6. Christensen, H. I. [et al.] (2021) A Roadmap for US Robotics – From Internet to Robotics 2020 Edition. *Foundations and Trends in Robotics*. 8(4), 307-424.

7. Sobczak, A. (2022) Robotic Process Automation as a Digital Transformation Tool for Increasing Organizational Resilience in Polish Enterprises. *Sustainability*. 14, 1333. Available from: <https://doi.org/10.3390/su14031333>

8. Fedotova, G. V., Ermakova, A. A. Kurazova, D. A. (2016) Setting up an algorithm for stock market trading strategies. *National Interests: Priorities and Security*. 11, 87-95. (In Russian).
9. Trunov, Ph. O. (2017) Robotization of the federal defense forces of Germany: political-legal and military-technical aspects. *Moscow university bulletin of world politics*. 4, 67-96. (In Russian).
10. Zilberman, N. N. (2013) Social robot assistants in the industry. *Humanities Informatics*. 7, 66-71. (In Russian).
11. Pearson, J. (2015) The Sheer Difficulty of Defining What a Robot Is. *Motherboard. Tech by Vice*. Publ. date 17.04.2015. Available from: <https://www.vice.com/en/article/5394v5/the-sheer-difficulty-of-defining-what-a-robot-is>
12. Wilson, H. J. (2015) What is a robot, anyway? *Harvard Business Review*. Publ. date 15.04.2015. Available from: <https://hbr.org/2015/04/what-is-a-robot-anyway>.
13. Maximova, A. S. (2019) Opyt pol'zovatelya telefonnoy spravochnoy sluzhby: vzaimodeystviye s operatorom-chelovekom i robotom [Information Service User Experience: Interaction with Human and Robot Operator]. *Zhurnal sotsiologii i sotsialnoy antropologii = The Journal of Sociology and Social Anthropology*. 22(6), 44-68. Available from: <https://doi.org/10.31119/jssa.2019.22.6.4> (in Russian).
14. Brooks, R. A. (1991) Elephants don't play chess P. Maes (Ed.) ; Cambridge : Designing Autonomous Agents, MIT Press; Amsterdam : MA/Elsevier Science, 3-15.
15. Asada, M., MacDorman, K. F., Ishiguro, H., Kuniyoshi, Y. (2001) Cognitive developmental robotics as a new paradigm for the design of humanoid robots. *Robotics and Autonomous Systems*. 37, 185-193.
16. Ferrara, E., Varol, O., Davis, C., Menczer, F., Flammini, A. (2016) The rise of social bots. *Communications of the ACM*. 59(7), 96-104.
17. Vasilkova, V., Legostaeva, N., Radushevskii, V. (2019) Tematicheskii landshaft bot-prostranstva sotsial'noy seti «VKontakte» [Thematic Landscape of the Bot Space of the Social Network “VKontakte”]. *Zhurnal sotsiologii i sotsialnoy antropologii = The Journal of Sociology and Social Anthropology*. 22(4), 202-245 (in Russian). Available from: <https://doi.org/10.31119/jssa.2019.22.4.8>.
18. Boshmaf, Y., Muslukhov, I., Beznosov, K., Ripeanu, M. (2011) *The Socialbot Network: When Bots Socialize for Fame and Money*. In: *Proceedings of the 27th Annual Computer Security Applications Conference, 5–9 Dec. 2011, Orlando, Florida USA*. Available from: <http://lrsse-dl.ece.ubc.ca/record/264/files/264.pdf>.
19. Keisner, A., Raffo, J., Wunsch-Vincent, S. (2016). Robotics: Breakthrough Technologies, Innovation, Intellectual Property. *Foresight and STI Governance*. 10(2), 7-27. Available from: <https://doi.org/10.17323/1995-459X.2016.2.7.27>
20. Ben-Ari, M., Mondada, F. (2018) Robots and Their Applications. In: *Elements of Robotics*. Berlin : Springer, 1-20. Available from: https://doi.org/10.1007/978-3-319-62533-1_1