

УДК 330.341.1+338.45.01

DOI 10.52928/2070-1632-2023-63-1-83-87

**ФАКТОРЫ РОБОТИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ  
В УСЛОВИЯХ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ГЕОЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕАЛИЙ<sup>1</sup>**

*канд. экон. наук, доц. Т.В. СЕРГИЕВИЧ*  
(Белорусский национальный технический университет, Минск)  
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5837-8653>

*В статье выявлены факторы роботизации экономики и показано их действие в условиях новых технологических и геоэкономических реалий: развитие науки, техники и технологий в области робототехники и смежных сферах; удешевление роботов, сопровождаемое повышением заработной платы работников, потенциально заменяемых роботами; стимулирование отраслей-производителей роботов и их компонентов; развитие отраслей-потребителей роботов; появление новых бизнес-моделей в сфере использования робототехники. Показаны границы проявления закономерности повышения уровня роботизации экономики по мере удешевления производства и внедрения роботов и роста цены труда.*

**Ключевые слова:** *роботизация экономики, робот, робототехника, труд, капитал, модернизация экономики, экономическое развитие.*

**Введение.** Исследование факторов роботизации экономики в условиях новых технологических и геоэкономических реалий предполагает выявление и содержательную характеристику тех явлений и процессов, которые оказывают влияние на динамику исследуемого объекта – как стимулирующее, так и сдерживающее. Анализируя сложные социально-экономические системы, невозможно учесть действие всех факторов, обуславливающих роботизацию экономики ввиду их большого разнообразия и взаимосвязей внутри такого рода систем. Однако задачей нашего исследования является выявить те из них (как внутренние, так и внешние факторы), которые оказывают наибольшее влияние на процесс роботизации экономики в условиях новых технологических и геоэкономических реалий. При этом допустимым представляется объединять некоторые из факторов в группы в соответствии с особенностями их возникновения и действия по отношению к исследуемому объекту. Кроме того, следует избегать методологической неточности, рассматривая факторы, обуславливающие роботизацию экономики, и факторы, обуславливающие роботизацию предприятия, как однопорядковые. Вместе с тем, поскольку основу роботизации экономики составляет внедрение роботов на предприятиях, факторы, обуславливающие роботизацию предприятия, до известной степени влияют и на роботизацию экономики в целом.

**Основная часть.** Робототехника является перспективной, динамично развивающейся сферой науки и основой модернизации современного производства. Научно-технический прогресс в области микроэлектроники, новых материалов, информационных и компьютерных технологий последних семидесяти лет оказал значительное влияние на развитие робототехники, расширение возможностей её использования во всех областях человеческой жизнедеятельности и, как следствие, привлечение интереса ученых, инвесторов, государства и других субъектов к этой сфере. «"Старые" робототехнические системы представляли собой в основном механические системы. Благодаря постепенному появлению недорогих вычислений, пользовательских интерфейсов и датчиков стало возможным создавать роботизированные системы, которые раньше было трудно себе представить. Слияние технологий обеспечивает революцию в использовании и внедрении робототехнических технологий во всех аспектах повседневной жизни» [1, р. 308], – отмечают американские эксперты. Таким образом, развитие науки, техники и технологий в области робототехники и смежных сферах можно отнести к числу факторов роботизации экономики в современных условиях. Роботы начинают выполнять все более сложные и разнообразные виды работ благодаря прогрессу в распознавании объектов окружающей среды, механизмах обучаемости, техническому совершенствованию мультифункциональности, автономности роботов, возможностей их работы со все более мелкими объектами и во все более сложных условиях, расширяющихся возможностей перепрограммирования и т.д.

Помимо технико-технологических возможностей расширения использования роботов во всех сферах человеческой жизнедеятельности, последнее невозможно без существенного сопутствующего удешевления этих процессов. Развитие техники и технологий приводит к постепенному (а иногда и революционному, как, например, в случае с полупроводниками [2]) удешевлению роботов, что, наряду с повышением заработной платы работников, потенциально заменяемых роботами, часто связанных с нехваткой трудовых ресурсов, стимулирует их внедрение в экономику. Китайские ученые, анализирующие эмпирические данные в целях оценки взаимосвязи повышения затрат на рабочую силу и внедрения промышленных роботов, пришли к выводу, что «при увеличении минимальной заработной платы на 10% в период с 2008 по 2012 гг. вероятность внедрения роботов фирмой увеличивается на 0,11 процентных пункта по сравнению со средней вероятностью внедрения роботов, равной 0,19% за тот же период. Влияние более высокой минимальной заработной платы на внедрение роботов сильнее для компаний с более высокой производительностью, расположенных в прибрежных районах, частных компаний

<sup>1</sup> Выполнено при поддержке БРФФИ (договор № Г22У–006 от 04.05.2022 г.)

и компаний, работающих в отраслях, требующих квалифицированного труда» [3]. В ряде случаев использование роботов становится экономически эффективным там, где ещё недавно они не могли конкурировать с человеком с точки зрения соотношения затрат и результата. «BCG (консалтинговая компания Boston Consulting Group – T. C.) предполагает, что производители начинают рассматривать возможность перехода на автоматику в тот момент, когда разница между стоимостью труда и стоимостью закупки и обслуживания роботов составляет не менее 15% в пользу роботов» [4, с. 84]. Данную цифру следует скорее рассматривать как отражающую в общем тенденцию замены труда капиталом (роботами) по мере удорожания первого и удешевления второго фактора при понимании того, что универсальной методики оценки стоимости внедрения и эксплуатации роботов существовать не может: речь идет о неких усредненных показателях по расчетам в конкретной стране в определенный период времени. Не позволяет однозначно соглашаться с данной экспертной оценкой экономической эффективности роботизации и наличие множества факторов, «разнонаправленно влияющих на показатели экономической эффективности внедрения роботов. <...> Решение об их внедрении на конкретном промышленном предприятии должно основываться на тщательном исследовании, позволяющем оценить чистую дисконтированную стоимость, период окупаемости, внутреннюю норму доходности процесса роботизации» [5, с. 135]. Кроме того, уровень уникальности компетенций дефицитных трудовых ресурсов не всегда отражен в цене труда, что, наряду с социальными факторами, не позволяет при принятии решения о целесообразности роботизации руководствоваться исключительно ценой трудовых ресурсов и роботов.

Выводы Boston Consulting Group могут выглядеть довольно обоснованными в случае абстрагирования от большого количества иных (не чисто экономических) факторов, обуславливающих или сдерживающих роботизацию экономики, таких как государственное стимулирование роботизации, деятельность профсоюзов, трудодефицитность экономики и т.д. Например, китайские ученые доказали, что «расходы на роботов в значительной степени коррелируют со статусом членства в коммунистической партии главного исполнительного директора фирмы» [6, р. 87]. В других странах их уникальные исторически-цивилизационные, культурные, институциональные и иные условия будут также оказывать влияние на роботизацию экономики. Все эти факторы будут в ту или иную сторону нарушать установленное экспертами соотношение, в ряде случаев значительно искажая его. Наряду с этим, нельзя абстрагироваться от того факта, что сегодня экономики большинства стран мира (и в особенности стран-лидеров в роботизации) относятся к открытому типу. Открытость экономики, предполагающая интенсивный обмен с внешним миром всеми видами ресурсов, позволяет использовать конкурентные преимущества других стран в производстве товаров и услуг, в том числе преимущества в стоимости и (или) квалификации трудовых ресурсов. В результате на практике параллельно с роботизацией экономики в ряде стран сегодня наблюдается вторая волна перемещения производств в страны с более дешевой рабочей силой. Это касается и стран, которые на протяжении многих лет благодаря низкой стоимости трудовых ресурсов и емкому внутреннему рынку труда наращивали свой промышленный потенциал за счет перемещения производств из других стран и традиционно воспринимались как «мировые фабрики». М.Л. Альпидовская и А.М. Корнилов пишут, что «в том же Китае, например, последние 5 лет, на фоне замедления темпов экономического роста, усиливается тенденция к "аутсорсингу II порядка" – экспорту элементов собственного производства во Вьетнам, Лаос, на Филиппины и другие страны АТР» [7, с. 191]. Эти тенденции наблюдаются на фоне того, что КНР сегодня является наиболее крупным в мире потребителем промышленных роботов.

Таким образом, можно заключить, что удешевление производства роботов, особенно на фоне удорожания трудовых ресурсов, стимулирует роботизацию экономики, часто обуславливая рещоринг производств. Однако закономерность повышения уровня роботизации экономики по мере удешевления производства и внедрения роботов и роста цены труда не абсолютна в открытых экономических системах в условиях развитой системы международного разделения труда, поскольку часть производств (главным образом, низкотехнологичных и создающих невысокую добавленную стоимость) выносятся за пределы стран с большими трудовыми издержками в страны, обладающие дешевой рабочей силой. Усиление интенсивности и разнообразия международных политических и экономических санкций, а также нарушение цепочек поставок в результате действия пандемического фактора до известной степени корректируют проявления данной закономерности.

Для развития процессов роботизации экономики в условиях новых технологических и геоэкономических реалий самого по себе удешевления производства роботов, даже сопровождаемого ростом цены труда, недостаточно. Беспрецедентное политико-экономическое давление на Республику Беларусь и Российскую Федерацию, с которым столкнулись наши страны, включает в себя, не в последнюю очередь, ограничение экономикам Союзного государства доступа к технологиям и высокотехнологичным товарам, что направлено в перспективе на снижение их экономической конкурентоспособности. Поэтому перед правительствами обеих стран актуализируется задача форсированного развития собственной, а в некоторых отраслях и совместной, высокотехнологичной промышленности. Среди важнейших направлений научно-технического сотрудничества в Союзном государстве учеными называется «концентрация финансовых средств на передовых технологиях и прорывных проектах; распространение новых форм внебюджетного финансирования инновационных программ и проектов, в том числе на условиях государственно-частного партнерства; создание условий для активизации трансфера технологий между научно-исследовательскими организациями, университетами, предприятиями» [8, с. 148]. Технологическое и экономическое лидерство сегодня невозможно обеспечить без развития робототехники. Таким образом, в качестве фактора роботизации

экономики в условиях новых технологических и геоэкономических реалий следует назвать стимулирование отраслей-производителей роботов и их компонентов. Отсутствие или синкретичность собственной базы производства и интеграции роботов будет сдерживать модернизационный потенциал промышленности.

Стимулирование отраслей-производителей роботов и их компонентов, прежде всего, подразумевает под собой необходимость инвестиций в машиностроительную отрасль и доступа предприятий к «длинным дешевым деньгам». По мнению ряда авторов, именно недостаточное развитие машиностроения в Российской Федерации обуславливает её отставание в роботизации экономики [9]. Причем на необходимость обеспечивать белорусские промышленные предприятия «дешевыми длинными деньгами в количестве, необходимом для быстрого проведения модернизации реального сектора экономики» [10, с. 92], давно указывали ведущие белорусские ученые-экономисты. «Пытаться обойтись при интенсивной модернизации промышленности без целевой (связанной) денежно-кредитной эмиссии невозможно. Причем такая эмиссия не будет негативно сказываться на росте инфляции (или негативный эффект будет минимальный), поскольку эмитированные денежные средства будут использованы промышленными предприятиями, а не непосредственно населением» [11, с. 16]. Для развития роботизации важны не инвестиции в машиностроительную отрасль сами по себе, а точечная поддержка проектов и предприятий, занимающихся разработкой и внедрением робототехники. В ряде случаев, как показывает успешный опыт Китая, допустима и локализация международных производителей роботов, к которой, однако, в современных условиях обострения противоречий крупных международных субъектов, вызванных очередной фазой столкновения глобальных политико-экономических интересов, следует подходить с особой осторожностью, отдавая предпочтение сотрудничеству с производителями роботов из дружественных нам стран.

В качестве следующего фактора роботизации экономики в условиях новых технологических и геоэкономических реалий выделим развитие отраслей-потребителей роботов. «Среди основных отраслей экономики, в которых востребованы промышленные роботы, – автомобилестроение, на которое приходится около 30% мирового спроса, производство электроники (25%), машиностроение, металлургия, химическая и фармацевтическая промышленность, а также пищевая промышленность, демонстрирующая в последние годы стабильный рост своей доли» [12, с. 55], – отмечалось нами ранее. Практика демонстрирует, что развитие данных отраслей сопровождается ростом спроса на промышленных роботов. Например, более чем пятикратный рост поставок во Вьетнам промышленных роботов в 2017 г. в сравнении с 2016 г. был обусловлен, по мнению экспертов, тем, что «в стране стало появляться все больше производств электроники, которые необходимо автоматизировать»<sup>2</sup>. Индия же, активно стимулирующая собственную автомобильную промышленность, в период 2015–2019 гг. удвоила число используемых промышленных роботов. Взаимосвязь между развитием автомобилестроения в Индии и числом устанавливаемых промышленных роботов подтверждается тем фактом, что 44% устанавливаемых в этой стране роботов приходится именно на автомобилестроение<sup>3</sup>. В 2020 г. Индия обладала 12-м по величине в мире рынком промышленных роботов (по числу устанавливаемых промышленных роботов в год) с количеством в 3,2 тыс. И. Карабегович, исследовавший роль промышленных роботов в развитии автомобильной промышленности КНР, пришел к выводу, что «Китай с каждым годом наращивает использование промышленных роботов, т.е. проводит модернизацию и автоматизацию производственных процессов во всех отраслях промышленности, и на первом месте стоит автомобильная промышленность» [13, р. 95], что обусловлено «глобальной конкуренцией в автомобильной промышленности», «сокращением жизненного цикла автомобиля», «требованием рынка увеличения ассортимента» [13, р. 96]. Все это требует гибкой автоматизации производственных процессов, тем самым стимулируя роботизацию экономики.

Данные последних лет о продажах роботов свидетельствуют о том, что пандемия Covid-19 и ограничения, вызванные ею, стали катализатором роста некоторых сегментов робототехники. Так, рост спроса на электронику, обусловленный масштабными локдаунами по всему миру и трансформацией форм занятости в сторону повышения доли дистанционного труда, повлиял на рост спроса на роботов со стороны производства электроники. Развитие электронной коммерции стимулирует развитие складской и логистической робототехники. Инвестиции в сферу здравоохранения, обусловленные пандемией, позволяют расширять применение медицинских роботов. По данным Международной федерации робототехники<sup>4</sup> рост установок сервисных роботов для профессионального использования в сфере транспортировки и логистики (автономные мобильные роботы и роботы-доставщики) в 2020 г. вырос до 44 тыс. роботов по сравнению с 33 тыс. в 2019 г.; роботы для использования в условиях повышенной чистоты или стерильности – с 18 до 34 тыс. роботов; продажи медицинских роботов выросли более чем на 150%. В условиях действия правил «социального дистанцирования» возрос спрос и на социальных роботов. Роботы постепенно заменяют труд в сферах, связанных с обслуживанием большого количества людей (гостиничный и ресторанный бизнес), для минимизации рисков распространения инфекции Covid-19.

Если внедрение сервисных роботов с материальной оболочкой или роботов, не имеющих материальную оболочку, как правило, не требует очень высоких затрат (хотя некоторые из них, безусловно, могут превышать

<sup>2</sup> Прудникова, К. Российская робототехническая отрасль подросла / К. Прудникова // ComNews. – Оpubл. 26.11.2018. URL: <https://www.comnews.ru/content/116037/2018-11-26/rossiyskaya-robototehnicheskaya-otrasl-podrosla>

<sup>3</sup> Kumar, Ch. India doubles number of industrial robots in 5 years / Ch. Kumar // The Times of India. – Publ. date 30.09.2020. URL: <https://timesofindia.indiatimes.com/india/india-doubles-number-of-industrial-robots-in-5-years/articleshow/78407600.cms>

<sup>4</sup> International Federation of Robotics. URL: <https://ifr.org>

и стоимость промышленных роботов (например, дорогостоящие хирургические роботы), то капиталоемкое внедрение промышленных роботов затруднено в силу необходимости существенных первоначальных инвестиций в роботизацию производства. Значительные капитальные инвестиции преимущественно может позволить себе только крупное предприятие, в то время как малому и среднему бизнесу роботизация остается недоступной. В условиях растущего спроса на гибкость производства и высокую скорость выполнения работ малый и средний бизнес рискует потерять свойство адаптивности к изменениям внешней среды. Кроме того, фатальной может оказаться любая стратегическая ошибка в инвестиционном выборе в пользу той или иной технологии, риски которой увеличивает усиливающаяся глобальная экономическая и технологическая неопределенность, осложняющая «не только выбор технологий и номенклатуры продукции, которую предприятия собираются производить, но и выбор сетей и партнеров» [14, с. 40]. В связи с этим появление новых бизнес-моделей в сфере разработки и интеграции робототехники, таких, например, как «Роботы как услуга (RaaS, от англ. Robots as a Service)», открывает возможности использовать преимущества роботов (как с материальной оболочкой, так и без неё) даже для небольшого предприятия, снизить инвестиционные риски. Под бизнес-моделью нами понимается «устойчивый, обособленный, относительно самостоятельный механизм воспроизводства потребительной стоимости, регулирующий возникающие по этому поводу экономические отношения и обеспечивающий жизнеспособность предприятия. Бизнес-модель определяет уникальные комбинации трудовых, финансовых, материальных, информационных, научно-технических и других ресурсов для создания и присвоения потребительной стоимости» [15, с. 44]. Как отмечают эксперты, «Роботы как услуга (RaaS) – очень доступный вариант для многих небольших фирм. Вместо того, чтобы делать большие капиталовложения, фирма может платить небольшую сумму с течением времени. Концепция RaaS также позволяет постоянно совершенствовать робототехнику. Благодаря машинному обучению роботы со временем становятся умнее и способнее. И эти обновления уже учтены в текущих расходах. Такое постоянное совершенствование – функция, недоступная для традиционных станков с ЧПУ»<sup>5</sup>. Таким образом, еще одним фактором роботизации экономики в условиях новых технологических и геоэкономических реалий становится появление новых бизнес-моделей в сфере использования робототехники.

**Заключение.** В результате проведенного исследования были выявлены факторы роботизации экономики и показано их действие в условиях новых технологических и геоэкономических реалий.

Во-первых, роботизации экономики способствует развитие науки, техники и технологий в области робототехники и смежных сферах – микроэлектроники, новых материалов, информационных и компьютерных технологий и др. Во-вторых, изменение соотношения альтернативных издержек, а именно удешевление роботов и снижение издержек их внедрения и эксплуатации, сопровождаемое повышением заработной платы работников, потенциально заменяемых роботами, увеличивает расширение использования роботов в экономике. При этом установлено, что закономерность повышения уровня роботизации экономики по мере удешевления производства и внедрения роботов и роста цены труда не абсолютна в открытых экономических системах в условиях развитой системы международного разделения труда. Усиление интенсивности и разнообразия международных политических и экономических санкций, а также нарушение цепочек поставок в результате действия пандемического фактора также корректируют проявление названной закономерности. В-третьих, роботизации экономики способствует стимулирование отраслей-производителей роботов и их компонентов. Отсутствие или синкретичность собственной базы производства и интеграции роботов будет сдерживать модернизационный потенциал промышленности. В-четвертых, развитие отраслей-потребителей роботов (автомобилестроение, производство электроники, машиностроение и др.) является фактором роботизации экономики. В-пятых, появление новых бизнес-моделей в сфере использования робототехники расширяет возможности роботизации экономики.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Christensen H. I. et al. A Roadmap for US Robotics – From Internet to Robotics 2020 Edition // *Foundations and Trends in Robotics*. – 2021. – Vol. 8, № 4. – P. 307–424.
2. Борисов В.П. Революция в электронике и формирование отечественной высокотехнологичной отрасли промышленности // *Управление наукой: теория и практика*. – 2020. – Т. 2. – № 2. – С. 129–149. DOI: <https://doi.org/10.19181/smtp.2020.2.2.6>.
3. Fan H., Hu Y., Tang L. Labor costs and the adoption of robots in China // *Journal of Economic Behavior and Organization*. – 2021. – Vol. 186. – P. 608–631. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2020.11.024>.
4. Толкачев С.А., Кулаков А.Д. Роботизация как направление неоиндустриализации (на примере США) // *Мир новой экономики*. – 2016. – № 2. – С. 79–87.
5. Пахомов М.А., Пахомова Е.С. К исследованию факторов повышения экономической эффективности роботизации производства // *Ученые записки Российской Академии предпринимательства*. – 2018. – Т. 17. – № 4. – С. 129–136.
6. Cheng H., Jia R., Li D., Li H. The Rise of Robots in China // *Journal of Economic Perspectives*. – 2019. – Vol. 33, № 2. – P. 71–88.
7. Альпидовская М.Л., Корнилов А.М. Цифровая трансформация мирохозяйственной системы в свете теории экономических интересов // *Вопросы политической экономики*. – 2022. – № 1 (29). – С. 182–199. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6525604>.
8. Гурский В.Л., Преснякова Е.В., Петров М.Б. Формирование единого научно-технологического пространства Союзного государства: потенциал государств, механизмы, перспективы // *Экономическая наука сегодня: сб. науч. ст. / БНТУ*. – Минск, 2022. – Вып. 16. – С. 141–152. DOI: <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-16-141-152>.

<sup>5</sup> URL: <https://www.howtorobot.com/expert-insight/metal-production-robots>.

9. Акимов А.В. Робототехника: состояние и перспективы развития в мире и России // Поиск. Альтернативы. Выбор. – 2016. – Т. 2. – № 2. – С. 114–125.
10. Солодовников С.Ю. Взаимосвязь структурной политики государства и модернизации реального сектора экономики // Экономическая наука сегодня: сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2018. – Вып. 7. – С. 84–94. DOI: <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2018-7-84-94>.
11. Арчаков В.Ю., Солодовников С.Ю., Баньковский А.Л., Мелешко Ю.В. Некоторые новые подходы к обеспечению экономической безопасности Республики Беларусь // Экономическая наука сегодня: сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2022. – Вып. 16. – С. 7–23. DOI: <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-16-7-23>.
12. Сергиевич Т.В. Роботизация и экономическая безопасность промышленного предприятия // Техничко-технологические проблемы сервиса. – 2020. – № 3 (53). – С. 54–58.
13. Karabegović I. The Role of Industrial Robots in the Development of Automotive Industry in China // International Journal of Engineering Works. – 2016. – Vol. 3. – Iss. (12). – P. 92–97.
14. Мелешко Ю.В. Влияние цифровых бизнес-моделей на конкурентоспособность предприятий промышленности // Вестник Института экономики НАН Беларуси. – 2021. – Вып. 3. – С. 34–43. DOI: <https://doi.org/10.47612/2789-5122-2021-3-34-43>.
15. Сергиевич Т.В. Теоретико-методологические подходы к исследованию бизнес-модели // Экономическая наука сегодня: сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2022. – Вып. 15. – С. 36–48. DOI: <https://doi.org/10.21122/2309-6667-2022-15-36-48>.

Поступила 09.03.2023

## FACTORS OF THE ECONOMY ROBOTIZATION IN THE NEW TECHNOLOGICAL AND GEOECONOMIC REALITIES

**T. SERHIYEVICH**

*(Belarusian National Technical University, Minsk)*

*The article identifies the factors of the economy robotization and shows their effect in the new technological and geo-economic realities: the development of science, engineering and technology in the field of robotics and related fields; cheaper robots, accompanied by an increase in the wages of workers potentially replaced by robots; stimulation of industries – manufacturers of robots and their components; development of industries – consumers of robots; the emergence of new business models in the field of robotics. The limits of the manifestation of the pattern of increasing the level of robotization of the economy as the cost of production and the introduction of robots and the growth of labor costs are shown.*

**Keywords:** *robotization of the economy, robot, robotics, labor, capital, modernization of the economy, economic development.*