

## ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-54-69  
УДК 004.896(045)  
JEL O14

## Роботизация национальной экономики: экономические эффекты

Е.В. Балацкий, Н.А. Екимова

Центр сравнительных социально-экономических исследований ИМЭМО РАН, Москва, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

В условиях усиления глобальной технологической конкуренции и санкционного давления проблема роботизации национальной экономики приобретает для России критическое значение. **Целью** данной статьи является построение макроэкономической модели, позволяющей оценить влияние роботизации обрабатывающей промышленности на совокупную производительность труда (ПТ), а также получение количественных оценок необходимых инвестиционных ресурсов, их отдачи и последствий для рынка труда. В основе **методологии** лежит построение нелинейной регрессионной модели на панельных данных по 20 странам за период 2015–2023 гг. с использованием статистики Международной федерации робототехники (IFR), Всемирного банка и Международной организации труда (ILOSTAT). **Научная новизна** подхода заключается в использовании агрегированных межстрановых данных для косвенной оценки макроэкономических последствий роботизации, а также во введении концепции «технологической границы» (точки насыщения), превышение которой ведет к снижению отдачи от автоматизации производства. **В результате** исследования определено предельное значение плотности роботизации, рассчитаны резервы роста производительности для США, Китая и России. Показано, что, несмотря на скромный макроэкономический эффект (рост производительности в РФ оценивается в 53%), роботизация обладает сверхвысокой рентабельностью и позволяет России стратегически сократить данный разрыв в ПТ с США до 1,3 раза. Статья развенчивает миф о «технологическом оптимизме», не отменяя того факта, что массовая автоматизация является не только экономически оправданной, но и необходимой для смены технологического статуса страны с реципиента на донора инноваций.

**Ключевые слова:** роботизация; производительность труда; обрабатывающая промышленность; технологическая граница; макроэкономическая модель; экономические эффекты; рынок труда; международная конкуренция; инвестиции; Россия

**Для цитирования:** Балацкий Е.В., Екимова Н.А. Роботизация национальной экономики: экономические эффекты. *Мир новой экономики*. 2026;20(2):54-69. DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-54-69

## ORIGINAL PAPER

## Robotisation of the National Economy: Economic Effects

E.V. Balatsky, N.A. Ekimova

Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations,  
Russian Academy of Sciences (IMEMO), Moscow, Russian Federation

Against a backdrop of intensifying global technological competition and sanctions pressure, the issue of the robotisation of the national economy has become of critical importance for Russia. **The objective** of this article is to develop a macroeconomic model allowing for the assessment of the impact of robotisation in the manufacturing sector on aggregate labour productivity (LP), as well as to obtain quantitative estimates of the necessary investment resources, their returns, and the consequences for the labour market. **The methodology** is based on the construction of a non-linear regression model using panel data for 20 countries over the period 2015–2023, drawing on statistics from the International Federation of Robotics (IFR), the World Bank, and the International Labour Organisation (ILOSTAT). **The scientific novelty** of the approach stems in the use of aggregated, cross-country data to indirectly assess the macroeconomic consequences of robotisation, as well as in the introduction of the concept of a “technological frontier” (saturation point), beyond which the returns from production automation decline. **As a result**, the study determines the upper limit of robotisation density and calculates productivity growth potential for the US, China and Russia. It has been demonstrated that, despite its modest macroeconomic impact (productivity growth in the Russian Federation

© Балацкий Е.В., Екимова Н.А., 2026



is estimated at 53%), robotisation offers exceptionally high returns and enables Russia to strategically narrow the productivity gap with the US to 1.3 times. The article debunks the myth of 'technological optimism', without downplaying the fact that mass automation is not only economically justified but also essential for the nation to shift its technological status from that of an innovation recipient to that of an innovation donor.

**Keywords:** robotisation; labour productivity; manufacturing industry; technological frontier; macroeconomic model; economic effects; labour market; international competition; investment; Russia

**For citation:** Balatsky E.V., Ekimova N.A. Robotisation of the national economy: Economic effects. *World of New Economy*. 2026;20(2):54-69. DOI: 10.26794/2220-6469-2026-20-2-54-69

## ВВЕДЕНИЕ: РОБОТОТЕХНИКА И КОНКУРЕНЦИЯ

В настоящее время мир вошел в зону глобальной геополитической турбулентности, для которой характерно беспрецедентное усиление конкурентных процессов между разными государствами. Это означает выход на новый уровень технологической конкуренции, одним из важнейших элементов которой выступает роботизация национальной экономики. Если некоторое время назад технологическое развитие было основой благосостояния населения, то сейчас оно — еще и условие обеспечения технологического, а с ним — и политического суверенитета страны. Фактор роботизации экономики выступает в качестве своеобразного резерва в повышении эффективности всех видов деятельности, а способность задействовать этот резерв дает государству преимущества перед конкурентами.

В России ситуация с роботизацией является вдвойне острой. С одной стороны, в стране долгое время имело место крайне слабое насыщение экономики промышленными роботами, с другой — после 2022 г. игнорирование этой проблемы стало просто недопустимо по геополитическим причинам. Сегодня в России принимаются программы развития, определяющие целевые уровни роботизации разных отраслей. В рамках национального проекта «Средства производства и автоматизации» реализуется федеральная инициатива «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства», цель которой — достижение к 2030 г. 25-го места в рейтинге по показателю плотности роботизации (не менее 145 ед. на 10 тыс. чел.).

На сегодняшний день имеется множество исследований влияния роботизации на разные сегменты экономики РФ, однако общие ориентиры относительно масштаба и результативности предстоящих изменений пока так и не определены.

### Влияние роботизации на производительность труда: обзор эмпирических исследований

Роботизация и внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ), став определяющим

трендом современной экономики, инициировали интенсивные дискуссии об их воздействии на эффективность производства. Ниже будут рассмотрены ключевые направления подобных исследований в российской и зарубежной литературе с акцентом на основные эмпирические выводы и имеющиеся противоречия.

Предварительно отметим, что сегодня изучение влияния роботизации на экономические процессы осуществляется путем построения соответствующих эконометрических моделей. Такой подход — традиционный и фактически безальтернативный, чем и объясняется массивный корпус методически схожих работ. Аналогично экономическим итогам роботизации в большинстве случаев выступает ПТ, которая аппроксимируется отношением добавленной стоимости к численности занятых с учетом паритета валют. Такой метод также во многом является упрощением, но эффективной альтернативы не имеет, что и оправдывает его широкое распространение.

На макроуровне исследования фокусируются на агрегированных эффектах, что зачастую сопряжено с противоречивыми выводами. Практически все работы демонстрируют положительную связь между внедрением промышленных роботов и динамикой совокупной ПТ, однако при этом отмечается неравномерность технологической трансформации: значимые статистические эффекты наблюдаются лишь в отраслях, достигших высокой насыщенности робототехническими решениями [1, 2].

Существенным вкладом в данную проблематику вносит работа, в которой на основе панельных данных 17 развитых стран мира за период 1993–2007 гг. продемонстрировано, что рост плотности роботов способствует увеличению производительности труда в среднем на 0,37 п.п. ежегодно [3]. По мнению авторов, вклад роботов в годовой рост производительности и паровых технологий в Великобритании 1850–1910 гг. в эпоху индустриальной революции (0,35 п.п.) сопоставим, но значительно меньше вклада информационно-коммуникационных технологий в США и ЕС в 1995–2005 гг. (0,6–1,0 п.п.).

Положительное влияние роботизации на совокупную производительность экономики установлено и в других исследованиях, где авторы рассчитали, что увеличение числа роботов на тысячу рабочих на одну единицу в США в период 1993–2007 гг. способствовало росту ВВП страны примерно на 0,13 п.п. [4, 5]. Этот скромный положительный эффект не компенсировал негативного воздействия роботизации на рынок труда, приводящего к снижению уровня занятости и уменьшению доходов населения на 0,34 и 0,50 п.п. соответственно. Позитивное воздействие роботизации на повышение эффективности производства за счет уменьшения удельного веса трудовых затрат в структуре доходов неоднократно отмечалось учеными [6–9].

Результаты анализа 30 стран за период 1975–2019 гг. демонстрируют неравномерный характер воздействия автоматизации на экономические процессы [10]. Так, в большинстве из них, включая США, средний вклад роботов в рост ПТ за период 1975–2019 гг. не превышал 0,2 п.п. в год, однако в некоторых странах и на отдельных временных отрезках наблюдался существенно более выраженный эффект. Например, в Германии в 1996–2005 гг. и в Японии в 1976–1995 гг. подобный вклад составлял 0,70 и 0,87 п.п. соответственно. В последующие периоды наблюдалось его постепенное снижение — вплоть до отрицательных значений в Японии в 2006–2019 гг. — 0,09 п.п. Этот процесс протекал на фоне интенсивного расширения практики производственного аутсорсинга и офшоринга, который уменьшал воздействие автоматизации на увеличение продуктивности в странах-заказчиках и усиливал — в принимающих. Например, в Словакии этот показатель составил 0,75 п.п., Чехии и Словении — по 0,74 п.п., Венгрии — 0,41 п.п.

Процесс роботизации приобрел особое значение после финансово-экономического потрясения 2009 г., став главным катализатором роста производительности труда в таких странах, как Тайвань и Словения, и заняв второе место по значимости после традиционного накопления физического капитала в Китае, Чехии, Венгрии, Индии, Польше и др. Вместе с тем необходимо учитывать специфику отдельных отраслей и особенностей национальных экономик для понимания пользы внедрения роботов [11].

Многочисленные исследования подтверждают положительную связь между внедрением промышленных роботов и ростом ПТ в обрабатывающей промышленности, однако этот эффект не является

универсальным и безграничным [12–14]. Оказывается, роботизация относится к преимущественно специализированным технологиям: в Европе более 70% промышленных роботов сконцентрировано в трех секторах: автомобилестроении, металлообработке и производстве пластмасс [15]. Этот список можно расширить за счет фармацевтики, химической промышленности, производства промышленного оборудования и продуктов питания [16].

Ключевым фактором, определяющим производительные эффекты роботизации, по мнению ряда авторов, является гетерогенность предприятий. Исследования выявляют «положительную селекцию», когда крупные и изначально эффективные предприятия с большей вероятностью внедряют роботов [13, 17]. Данные по Испании демонстрируют, что компании, внедрившие роботов, достигают повышения ПТ на 20–25% в течение четырех лет, но затем этот рост стабилизируется, тем самым демонстрируя наличие определенной точки насыщения [13]. Однако продуктивность на уровне отдельного предприятия сама по себе (при контроле размера) не всегда выступает целью внедрения роботов: например, в Германии менее успешные предприятия делают это в попытке догнать конкурентов, что указывает на многообразие мотивов автоматизации [17].

В одной из работ обобщены результаты 81-го научного исследования, включающие около 1800 количественных оценок воздействия роботизации на ПТ, и представлен полномасштабный метаанализ, раскрывающий ключевые закономерности внедрения роботов [18]. Анализ продемонстрировал тенденцию к снижению эффекта от роботизации на поздней стадии ее развития; заметно более слабую связь между производительностью и уровнем роботизации во вторичном секторе экономики и среди крупных предприятий, а также ее значительные преимущества для развивающихся экономик. Дополнительные данные свидетельствуют о влиянии качества используемых в исследованиях исходных данных на результат. В работах, основанных на данных статистики Международной федерации робототехники (IFR), зачастую обнаруживались более высокие показатели эффекта. Таким образом, метаанализ подтвердил, что влияние роботизации неоднородно и сильно зависит от контекста, включая уровень развития экономики, отраслевую специфику и этап технологического внедрения.

В российской научной литературе данная проблематика изучается относительно недавно, но



уже сформировался солидный корпус работ, позволяющих выявить основные тенденции. Прежде всего, РФ существенно отстает от мировых лидеров по плотности роботизации (29 роботов на 10 тыс. занятых в 2024 г. против 177 в среднем по миру). Среди ключевых барьеров выделяются: наличие дешевой рабочей силы, снижающей стимулы к автоматизации [19]; недостаток квалифицированных кадров для внедрения и обслуживания робототехники [20, 21]; финансовые ограничения, особенно для малых и средних предприятий (МСП) [22]; исторический разрыв в развитии робототехники после распада СССР [23]; инерция в развитии отраслей [24]; дефицит инвестиционных ресурсов [21].

Важный вклад в понимание факторов роста ПТ в России вносит исследование, где утверждается, что наибольший относительный выигрыш от роботизации наблюдается у МСП, что указывает на возможность ее использования как инструмента сокращения внутреннего разрыва в производительности разных сегментов экономики и элемента догоняющего развития [25].

Аналогичные выводы получены и в другой работе — в ней на основе данных 725 российских промышленных предприятий за 2017 г. установлено, что даже незначительное внедрение роботов на предприятиях МСП дает значительный прирост производительности — 29,8% [24]. Для крупных компаний такой связи не обнаружено, так как они уже находятся на более высоком уровне цифровизации, и для ощутимого эффекта им требуется более глубокая и комплексная роботизация.

Исследования российских авторов также демонстрируют положительную корреляцию между внедрением промышленных роботов и ростом ПТ [25–27]. При этом дискуссионность вопроса о влиянии роботизации на рынок труда сохраняется. Некоторые ученые прогнозируют значительное сокращение рабочих мест [28, 29], а другие указывают на возможность создания новых профессий и рост производительности, способный компенсировать потери занятости [30].

Следует отметить, что количество немногочисленных (по сравнению с зарубежными) работ российских исследователей в последние годы активно увеличивается, что указывает на растущий интерес к данному направлению и подчеркивает необходимость дальнейших изысканий, учитывающих специфику нашей экономики для формирования эффективной стратегии технологической модернизации. В этом контексте стоит упомянуть наметившийся в работах перекос в сторону отдельных

сегментов экономики и рассмотрения их специфики. Данное обстоятельство не позволяет нарисовать простую и наглядную картину тех перспектив, которые имеются на сегодняшний день у нашей страны в части масштабной цифровизации производства и ускорения технологического прогресса. Именно поэтому в дальнейшем будет рассмотрена максимально агрегированная макроэкономическая модель, позволяющая оценить возможности нового технологического витка в России.

### ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОТ РОБОТИЗАЦИИ: МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В отличие от существующих страновых и секторальных исследований процесса роботизации, мы постараемся оценить макроэкономические эффекты и понять, как они могут изменить геополитическую картину мира. Фактически мы задаемся вопросом о том, насколько весомым является фактор массового внедрения роботов для глобальной конкуренции государств. Для этого будем исходить из условной гомогенности международного рынка промышленных роботов, внедрение которых ведет к росту эффективности национальной экономики всех без исключения государств. В такой связи было бы полезно получить некую усредненную оценку того, насколько сильно влияет процесс роботизации в первую очередь обрабатывающей промышленности, где сосредоточены основные производственные технологии, на среднюю производительность труда в стране. Для этого предположим, что переменная ПТ (отношение ВВП к численности занятых) страны зависит от плотности роботизации обрабатывающей промышленности следующим образом:

$$\ln(P) = a + bR - cR^2 - gL, \quad (1)$$

где  $P$  — совокупная производительность труда в стране;  $R$  — численность роботов на 10 тыс. чел. в обрабатывающей промышленности страны (плотность роботизации);  $L$  — численность занятых в экономике страны;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  и  $g$  — положительные параметры модели, оцениваемые статистически.

В основе зависимости (1) лежит вполне разумная идея о том, что главной отраслью продуктивной роботизации страны выступает обрабатывающая промышленность, которая ведет не только к росту производительности труда в этом секторе, но и через межотраслевые цепочки передает позитивные

импульсы на другие звенья экономики, ведя тем самым к росту совокупной ПТ. Именно обрабатывающая промышленность является главным драйвером процесса роботизации национальной экономики.

Вторая важная идея состоит в том, что влияние роботизации носит нелинейный характер и рано или поздно исчерпывается. Одновременно предполагается, что автоматизация любой сферы экономики не бесконечна, и существование абсолютно безлюдных производств невозможно. Этими соображениями обусловлено введение квадратичной зависимости в данной формуле, что позволяет исследовать некие предельные состояния роботизации. Рассматриваемая гипотеза базируется на двух бесспорных фактах: во-первых, даже полностью роботизированное производство нуждается в сопровождении со стороны живых людей, а во-вторых, эффект масштаба сам по себе может препятствовать полной автоматизации выпуска продукции.

Третья идея предполагает введение в формулу контрольной переменной в виде численности занятых в экономике, ибо имеется очевидная зависимость: чем больше экономика (как по территории, так и по населению), тем сложнее добиться ее масштабной роботизации (что показывают отрицательные значения коэффициента при определении занятости). Даже при прочих равных условиях для роботизации Китая и Сингапура требуется разное время. Таким образом, последнее слагаемое в модели (1) учитывает страновые особенности и, прежде всего, масштаб экономики рассматриваемого государства.

Три перечисленные идеи составляют новизну и оригинальность эконометрической зависимости, которая подлежит проверке с помощью имеющихся эмпирических данных. Главное преимущество предлагаемой спецификации состоит в учете фактора нелинейности влияния роботизации на эффективность экономики, что, в свою очередь, позволяет расширить аналитические рамки исследования и углубить интерпретацию количественных результатов.

Окончательная зависимость совокупной ПТ страны от плотности роботизации имеет экспоненциальный вид:

$$P = \exp(a + bR - cR^2 - gL). \quad (2)$$

Представленная зависимость (2) является параболической, с точкой максимума, которая определяется по формуле:

$$R^* = b / 2c. \quad (3)$$

Точка (3) задает тот верхний предел роботизации, до которого она оказывает положительное макроэкономическое влияние на рост совокупной ПТ. Накачивание производства роботами свыше величины  $R^*$  не имеет смысла и приводит к напрасным затратам. Вместе с тем именно этот предел позволяет определить потенциал роботизации, способствующий технологическому прогрессу. В каком-то смысле  $R^*$  выступает своеобразной границей, к которой каждой стране следует стремиться, и, помимо всего прочего, является полезным макроэкономическим индикатором проектируемой роботизации национальной экономики.

Наличие данного индикатора и известные начальные условия для страны позволяют осуществить серию аналитических расчетов. В первую очередь это максимальный индекс роботизации, который может быть обеспечен за счет тотальной автоматизации обрабатывающей промышленности относительно текущего уровня и оценивается по формуле:

$$1 + \rho = R^* / R_0, \quad (4)$$

где  $\rho$  — темп прироста роботизации обрабатывающей промышленности;  $R_0$  — плотность роботизации промышленности в текущий период (последний отчетный период).

Подставив величину  $R^*$  в зависимость (2), можно рассчитать максимальную ПТ в условиях предельной насыщенности промышленности роботами. Тогда выгода от роботизации обрабатывающей промышленности оценивается по формуле:

$$1 + \xi = P^* / P_0, \quad (5)$$

где  $\xi$  — темп прироста ПТ национальной экономики, возможный за счет массивной роботизации промышленности;  $P_0$  — ПТ в текущий период (последний отчетный период).

Индекс  $1 + \xi$  показывает результат внедрения новых технологий и главный экономический эффект автоматизации национального производства. Однако процесс роботизации чреват еще и социальными потрясениями в виде вытеснения работников, что оценивается по аналогии с предыдущими соотношениями:

$$1 + \mu = (1 + \lambda) / (1 + \xi), \quad (6)$$

где  $\mu$  — темп прироста (вытеснения) занятости из-за массивной роботизации экономики;  $\lambda$  — темп экономического роста относительно текущего периода (последнего отчетного периода).



Приведенные индикаторы (4)–(6) достаточно полно характеризуют последствия возможной автоматизации национального производства, однако для уяснения экономической целесообразности массовой роботизации следует оценить ее издержки ( $C$ ) и экономический эффект ( $E$ ):

$$C = \rho R_0 V_0 (N_0 / 10000), \quad (7)$$

$$E = W_0 L_0 |\mu|, \quad (8)$$

где  $V_0$  – средняя цена одного промышленного робота;  $N_0$  – численность занятых в обрабатывающей промышленности в текущем периоде (последнем отчетном периоде);  $W_0$  – средняя заработная плата работника в текущем периоде;  $L_0$  – численность занятых в экономике в текущем периоде.

Если  $E > C$ , то форсированная роботизация экономики является экономически оправданной, в противном случае процесс автоматизации производства носит искусственный характер и не окупается.

Представленная схема позволяет осуществлять сценарные расчеты роботизации национальной экономики в зависимости от темпов протекания сопряженных процессов.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Для построения эконометрической модели (1) применялись исходные данные, представленные на официальном сайте Международной федерации робототехники (International Federation of Robotics, IFR), в базах данных Международной организации труда (ILOSTAT) и Мирового банка (World Bank). Характеристики показателей, используемых для моделирования, приведены в табл. 1–3.

На основе имеющихся данных можно построить пространственно-временную панель, которая сводится к полной регрессии в соответствии с выбранной зависимостью (1):

$$\ln P_{it} = \underbrace{11,414}_{(172,772)} + \underbrace{0,00181}_{(4,196)} R_{it} - \underbrace{0,00000176}_{(-2,980)} (R_{it})^2 - \underbrace{0,0000000166}_{(-25,350)} L_{it}, \quad (9)$$

$n = 120$ ;  $R^2 = 0,60$ ;  $DW = 1,88$ ;  $A = 1,42\%$ ;  $BP = 1,53$ ;  $p$ -значение =  $0,46$ ,

где  $t$  – период наблюдений (год);  $i$  – индекс страны;  $P$  – совокупная производительность труда;

Таблица 1 / Table 1

### Количество промышленных роботов на 10 тыс. занятых в обрабатывающей промышленности / Number of Industrial Robots per 10,000 Employees in Manufacturing

Страна / Год	2015	2017	2019	2020	2022	2023
Республика Корея	531	710	855	932	1012	1012
Сингапур	398	558	918	605	730	770
Китай	49	97	187	246	392	470
Германия	301	322	346	371	415	429
Япония	305	308	364	390	397	419
Швеция	212	240	277	289	321	347
Дания	188	230	243	246	230	306
Словения	110	144	157	183	182	306
Швейцария	119	129	161	181	232	302
США	176	200	228	255	274	295
Нидерланды	120	172	194	209	190	264
Австрия	128	167	189	205	185	245
Италия	160	190	212	224	228	228
Канада	136	161	165	176	199	225
Бельгия	169	192	211	221	214	224
Чехия	93	119	147	162	201	207
Словакия	79	151	169	175	183	201
Франция	127	137	177	194	160	186
Испания	150	157	191	203	173	174
Финляндия	126	139	138	154	184	173

Источник / Source: составлено авторами по данным: URL: <https://ifr.org/> / compiled by the authors based on: URL: <https://ifr.org/>

Таблица 2 / Table 2

## Совокупная производительность труда, долл./чел. / Total Labor Productivity, USD/person

Страна / Год	2015	2017	2019	2020	2022	2023
Республика Корея	80 893,0	84 243,6	87 307,4	87 444,0	89 921,3	89 782,6
Сингапур	185 723,9	200 258,6	203 759,9	199 237,9	223 920,8	215 852,5
Китай	27 005,6	30 877,2	35 102,0	36 624,3	40 548,9	42 291,7
Германия	119 640,7	122 616,4	122 742,6	120 261,0	124 654,4	123 716,8
Япония	86 679,1	86 781,5	84 378,4	81 444,0	83 812,3	84 888,8
Швеция	120 436,7	120 945,2	123 598,3	122 890,8	127 654,0	126 051,8
Дания	129 308,3	133 477,0	134 202,3	132 777,8	137 707,8	140 244,8
Словения	86 216,0	89 614,5	94 048,8	91 024,2	97 703,7	99 442,0
Швейцария	138 246,3	139 615,1	143 175,2	140 438,3	151 348,0	148 651,5
США	135 039,0	136 420,2	140 255,9	145 799,9	148 651,6	150 436,4
Нидерланды	122 185,6	124 532,4	125 065,3	120 179,3	130 033,7	127 697,8
Австрия	125 415,0	127 578,3	129 939,8	123 083,0	132 410,1	130 225,2
Италия	127 873,8	128 212,0	127 835,2	118 984,0	132 192,0	130 141,1
Канада	108 204,1	109 521,9	110 254,3	110 865,7	110 471,2	108 301,5
Бельгия	141 784,3	142 188,0	142 609,5	136 605,0	145 683,3	146 254,8
Чехия	87 991,3	91 690,2	96 340,3	92 619,6	98 269,5	95 585,7
Словакия	74 925,4	75 349,9	78 629,2	78 226,1	80 033,6	80 844,2
Франция	124 218,0	126 205,0	128 811,9	119 525,8	124 684,0	125 626,6
Испания	110 747,4	110 939,6	110 643,2	101 565,0	107 273,1	107 593,3
Финляндия	118 325,2	123 688,3	122 352,7	120 884,3	120 137,6	118 586,1

Источник / Source: составлено авторами по данным: URL: <https://ilostat.ilo.org/>; <https://www.worldbank.org/en/Home> / compiled by the authors based on: URL: <https://ilostat.ilo.org/>; <https://www.worldbank.org/en/Home> /

Таблица 3 / Table 3

## Численность занятых в экономике, тыс. чел. / Employments, Thousands of People

Страна / Год	2015	2017	2019	2020	2022	2023
Республика Корея	26 554,8	27 079,5	27 492,2	27 254,6	28 366,9	28 796,2
Сингапур	3 233,1	3 246,2	3 347,0	3 290,5	3 334,8	3 496,6
Китай	744 762,0	744 340,7	740 540,7	725 647,8	731 760,0	738 436,5
Германия	40 723,9	41 751,4	42 590,8	41 689,5	42 267,4	42 474,2
Япония	63 699,4	65 177,8	67 194,1	66 728,0	67 136,9	67 398,5
Швеция	4 794,2	4 975,4	5 087,7	5 014,4	5 188,5	5 238,2
Дания	2 717,9	2 796,9	2 882,0	2 861,1	3 007,9	3 027,2
Словения	921,5	960,8	989,0	980,2	1 016,5	1 019,8
Швейцария	4 579,6	4 691,5	4 759,5	4 748,3	4 762,9	4 884,0
США	153 376,9	158 385,5	162 722,5	153 149,2	163 308,9	166 031,0
Нидерланды	8 737,8	9 025,2	9 401,1	9 404,9	9 700,3	9 885,1
Австрия	4 201,7	4 313,7	4 416,7	4 368,2	4 479,8	4 511,4
Италия	22 264,1	22 840,4	23 196,2	22 711,7	23 306,2	23 838,7
Канада	18 337,3	18 860,2	19 616,1	18 525,1	20 321,9	20 987,9
Бельгия	4 570,8	4 680,2	4 870,2	4 840,5	5 024,5	5 067,5
Чехия	5 037,3	5 215,4	5 286,1	5 206,8	5 250,5	5 393,3
Словакия	2 423,4	2 527,3	2 577,7	2 524,0	2 620,0	2 629,4
Франция	27 128,2	27 491,9	27 933,9	27 864,2	29 283,8	29 336,2
Испания	18 030,7	19 060,6	19 953,3	19 358,7	20 761,8	21 253,9
Финляндия	2 440,7	2 474,1	2 565,1	2 531,5	2 654,9	2 658,3

Источник / Source: составлено авторами по данным: URL: <https://ilostat.ilo.org/> / compiled by the authors based on: URL: <https://ilostat.ilo.org/>



$R$  — плотность роботизации обрабатывающей промышленности;  $L$  — численность занятых в национальной экономике;  $n$  — число наблюдений;  $DW$  — критерий Дарбина–Уотсона;  $A$  — ошибка аппроксимации;  $BP$  — статистика Бройша–Пагана;  $p$ -значение — достигнутый уровень значимости.

Модель проходит все статистические тесты и может быть использована для аналитических расчетов.

Полученные данные позволяют определить «международную» технологическую границу промышленной роботизации:  $R^* = 514,2$  ед. на 10 тыс. работников. Это служит основой для оценки всех остальных экономических индикаторов (начальные значения переменных брались за 2023 г.).

Здесь необходимо отметить, что в модели (9) роботизация обрабатывающей промышленности дает мультипликативный эффект для всей национальной экономики: в ней все цепочки, по которым распространяется данное влияние, скрыты, однако его масштаб фиксируется вполне отчетливо. Контрольная переменная масштаба занятости в данной модели также демонстрирует, с какими проблемами в части массовой автоматизации производства сталкиваются крупные страны. В целом же все знаки соответствуют априорным положениям и позволяют проводить агрегированные прикладные расчеты.

Отдельно следует подчеркнуть, что роботизация промышленности является не единственной, а возможно, и не главной причиной различий в уровне ПТ разных стран. Данный факт подтверждает коэффициент детерминации, равный 0,6. Это означает, что 40% дисперсии ПТ объясняется факторами, не нашедшими отражения в модели (9), что следует учитывать при интерпретации полученных результатов.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные цифровые результаты позволяют сделать некоторые предварительные, но немаловажные выводы.

Во-первых, роботизация промышленности может быстро превысить естественный предел. С учетом того, что технологическая граница  $R^* = 514,2$ , Южная Корея уже в 2015 г., а Сингапур — в 2017 г. превысили это значение и далее функционировали в режиме избытка промышленных роботов. При этом Сингапур после 2019 г. начал корректировать ситуацию, в то время как Южная Корея продолжала увеличивать плотность роботизации. Судя по всему, карликовые государства существуют в особом

режиме автоматизации своих предприятий, и их опыт не может переноситься на более крупные страны. Подчеркнем, что подобные выводы были получены при построении как традиционной международной инновационно-технологической матрицы [31], так и ее расширенной формы [32].

Во-вторых, процесс автоматизации национального производства существенно зависит от усилий властей. Об этом недвусмысленно говорит опыт Китая, который за 8 лет нарастил плотность роботизации почти в 10 раз, что является беспрецедентным примером. Находясь в 2015 г. на последнем 20-м месте среди группы рассматриваемых стран (табл. 1), в 2023 г. он переместился на 3-ю позицию. По всей видимости, мобилизационные программы развития КНР позволили сделать процесс автоматизации производства тотальным и безальтернативным.

В-третьих, уровень роботизации производства, а следовательно, и ее резервы в различных странах сильно различаются. Например, Китай уже близок к технологической границе, США еще многое предстоит, а Россия только включилась в данный процесс (табл. 4), и ей надо сделать намного больше, чем Китаю. Разные страны находятся на различных стадиях освоения робототехнических систем, однако, как показал опыт КНР, это можно быстро преодолеть.

В-четвертых, фактор робототехники сам по себе не гарантирует фантастический выигрыш в совокупной производительности труда: Китай уже практически исчерпал этот резерв (осталось менее 1%), США близки к своему техническому пределу (менее 10%), а у России данные возможности весьма ограничены (чуть более 50%) (табл. 4). Как отмечалось ранее, заметный прирост ПТ промышленные роботы продуцируют на локальных производственных

Таблица 4 / Table 4  
Резервы роботизации  
крупнейших стран мира / Robotisation  
Reserves of Leading Countries

Страна / Индикатор роботизации	$\rho$ , %	$\xi$ , %	$\mu$ , %	$\nu$
США	74,3	8,8	-8,1	0,12
Китай	9,4	0,3	-0,3	0,04
Россия	1773,1	53,1	-33,9	0,03

Источник / Source: расчеты авторов / calculations by authors.

площадках и небольших предприятиях, тогда как в целом по экономике этот эффект «растекается» и за счет усреднения становится относительно скромным.

В-пятых, эффект от роботизации по абсолютной величине является небольшим (доли процента), но для разных стран он демонстрирует заметную дифференциацию. Например, эластичность ПТ ( $v$ ) по плотности роботизации в Китае втрое ниже, чем в США, а в России ниже, чем в Китае (табл. 4). Эластичность оценивается по формуле:

$$v = \xi / \rho. \quad (10)$$

Не вдаваясь в детали, можно констатировать, что макроэкономический потенциал масштабной автоматизации производства оказывается не столь велик, как этого можно было ожидать. Фактически значение тотальной роботизации экономики в определенной мере мифологизировано и заметно переоценено. Все полученные цифры ставят под сомнение тезис о технологическом оптимизме, согласно которому масштабная автоматизация способна радикально повысить эффективность производства. В любом случае данный вопрос в свете полученных результатов становится дискуссионным.

Если попытаться объяснить скромные последствия роботизации, то данные табл. 4 дают для этого определенную основу. Не претендуя на исчерпывающее объяснение, ситуацию можно представить следующим образом. Рывок эффективности экономики от применения робототехники происходит на зрелых этапах внедрения; по мере насыщения предприятий автоматическими линиями каждый дополнительный робот дает все более ощутимый эффект, ибо происходит приближение к технологической границе. Именно это видно в табл. 4: в США роботизация промышленности идет давно, и поэто-

му технологический эффект от нее более выражен; Китай стартовал гораздо позже, и эффект у него гораздо слабее, хотя он вполне заметен. Россия же сейчас только вступает в гонку с крайне «низкого старта», и ей требуется довольно много времени, пока новое оборудование достигнет значительной доли, способной дать макроэкономический эффект роста ПТ. Другими словами, эффект от роботизации во многом зависит от времени и скорости технологической диффузии в сегменте промышленных роботов.

Хотя сказанное со всей очевидностью высвечивает колоссальное отставание России, ситуация не так драматична, как это может показаться на первый взгляд. Дело в том, что важным аспектом проблемы является сокращение разрыва от глобального лидера (США) по достижении технологической границы роботизации  $R^*$ . Оказывается, если США и Китай выйдут на означенный предел, то разрыв между ПТ двух стран не сократится, а только увеличится (табл. 5), причем отставание КНР будет приближаться к 4-кратному. Ситуация с Россией и США выглядит с точностью до наоборот: РФ заметно сократит свое отставание, когда преимущество гегемона составит меньше трети от уровня ее ПТ. Это означает, что относительная ПТ России достигнет почти 76% от уровня США, а это превышает технологическую границу эффективности, за которой стране становится выгодно не только заимствовать иностранные технологии, но и разрабатывать свои собственные [33, 34]. В данном случае мы имеем дело с выгодами «низкого старта», которые в настоящее время могут быть успешно использованы Россией даже в самых неблагоприятных обстоятельствах.

Получив цифры, которые говорят об относительно скромном макроэкономическом эффекте роботизации промышленности в смысле стимулирования совокупной ПТ, рассмотрим выгодность

Таблица 5 / Table 5

### Результаты страновой конкуренции в области роботизации / Results of Country Competition in Robotisation

Показатель	Страны			Индексы	
	США	Китай	Россия	США/КНР	США/РФ
ПТ в начальный момент ( $P_0$ ), долл.	150 436,4	42 291,7	81 989,9	3,56	1,83
ПТ в конечный момент ( $P^*$ ), долл.	163 712,2	42 437,4	124 081,9	3,86	1,32

Источник / Source: расчеты авторов / calculations by authors.



этой кампании. Для этого оценим экономию на затратах труда ( $E$ ) и издержки на внедрение промышленных роботов ( $C$ ) для трех стран (табл. 6 и 7). Во всех расчетах использовалась единая средняя цена промышленного робота — 25,6 тыс. долл.<sup>1</sup>; в качестве источника данных о среднем уровне ежемесячной заработной платы в стране применялась статистика ILOSTAT.

Результаты расчетов являются до некоторой степени неожиданными. Оказывается, самый впечатляющий экономический эффект в абсолютном выражении характерен для США — он почти в 3 раза больше, чем в России и в 25 раз больше, чем в Китае. Это связано в основном с более высокой заработной платой американских работников по сравнению с китайскими и российскими. Большая величина эффекта для России продуцируется ее отдаленностью от технологической границы  $R^*$ . Учитывая, что Китай уже подошел к самой границе, его показатель довольно скромный. В относительном выражении Россия оказывается в числе главных выгодополучателей (табл. 6).

<sup>1</sup> URL: <https://ifr.org/>

Что касается издержек на автоматизацию промышленности, то они наиболее выражены у Китая из-за значительного количества занятых в отрасли, нуждающихся в замене, и в России — из-за необходимости закупки большого числа специализированных роботов. В США издержки примерно вдвое ниже из-за того, что роботы дешевле по сравнению с живым трудом. В относительном измерении издержки на роботизацию во всех странах невысоки, и лишь в России — это макроэкономическая величина (табл. 7).

Особый интерес представляет соизмерение результатов и затрат кампании роботизации промышленности. Для этого можно воспользоваться показателем нормы прибыли ( $r$ ):

$$r = \left( \frac{E}{C} - 1 \right) 100\%. \quad (11)$$

Получается, что процесс роботизации не просто экономически оправдан, но обладает поистине фантастической рентабельностью (табл. 7). Пожалуй, из этого ряда выбивается КНР, которая внедряла робототехнические системы не столько по экономическим, сколько по стратегическим

Таблица 6 / Table 6

### Масштаб экономии от роботизации промышленности / Scale of Savings from Industrial Robotisation

Страна / Доход (экономию)	W, долл./мес.	E, млрд долл.	E/Y, %
США	4251,5	686,1	2,75
Китай	1035,5	27,5	0,09
Россия	833,5	240,5	4,14

Источник / Source: расчеты авторов / calculations by authors.

Примечание / Note: все начальные значения взяты за 2023 г.; Y — объем ВВП / All initial values are for 2023; Y is GDP.

Таблица 7 / Table 7

### Финансовые затраты на роботизацию промышленности / Financial Expenditures for Industrial Robotisation

Страна	Издержки (инвестиции)				Отдача $r$ , %
	$\Delta R$ , ед./10 000 чел	F, тыс. ед.	C, млрд долл.	C/Y, %	
США	219,2	284,0	7,3	0,03	9335,8
Китай	44,2	544,4	13,9	0,04	97,5
Россия	485,2	500,6	12,8	0,22	1776,8

Источник / Source: расчеты авторов / calculations by authors.

соображениям. Однако и в этом случае отдача от вложений в роботизацию приближается к сотне процентов.

Разумеется, на практике приведенные цифры могут оказаться значительно ниже. Это связано с несколькими обстоятельствами.

Во-первых, с растянутостью процесса роботизации во времени. Это означает, что общий эффект достигается не за один такт (год), а за несколько шагов (лет), в связи с чем годовая прибыльность резко падает. Для учета указанного эффекта, строго говоря, следует воспользоваться уточняющей формулой:

$$r^* = \left( \sqrt[T]{\frac{E}{C}} - 1 \right) 100\%, \quad (12)$$

где  $r^*$  — годовая норма прибыли программы роботизации;  $r$  — норма прибыли всей программы роботизации (за один такт/год);  $T$  — период программы роботизации.

Для понимания масштаба фактора времени в формуле (12) достаточно указать, что общая прибыльность для российской программы роботизации длительностью в 5 лет, по сравнению с ее мгновенной реализацией, падает с 1776,8 до 79,8%, т.е. в 22 раза.

Во-вторых, снижение рентабельности связано с возникновением недоучтенных издержек по монтажу и эксплуатации нового оборудования, которое способно кратно увеличивать цену кампании роботизации. Кроме того, могут повыситься цены на робототехнику по разным направлениям, что также делает итоговые оценки прибыльности более умеренными.

Тем не менее указанные обстоятельства не меняют суть дела — роботизация является крайне выгодным проектом.

Вполне резонные сомнения в столь значительных прибылях от роботизации в целом безосновательны. Дело в том, что в литературе уже отмечалось, что для современных рынков киноиндустрии, фармацевтики, гаджетов и нефтедобычи норма прибыли составляет сотни и даже тысячи процентов [35]. Судя по всему, робототехника попадает в разряд подобных сверхрентабельных отраслей, что вполне естественно — в противном случае технологический прогресс не имел бы смысла.

Отдельного обсуждения заслуживает кажущееся противоречие между относительно скромным влиянием роботизации производства на совокупную ПТ и крайне высокой прибыльностью кампании роботизации. Помимо всего указанного

выше, важное значение имеет исходный уровень трудоемкости (капитализации) национальной экономики и цена живого труда. Например, если доля затрат на него велика, равно как и зарплата работников, то и экономия на живом труде за счет роботизации будет значительной, а следовательно, и рентабельность вложений в автоматизацию производства. В табл. 7 фигурируют технологически развитые и богатые страны — США, Китай и Россия, что и предопределяет солидные показатели рентабельности; для стран с низким технологическим уровнем и заработной платой (например, африканских) внедрение производственных роботов может оказаться вообще нерентабельным.

### ДИСКУССИОННЫЕ ВОПРОСЫ

Мы намеренно не рассматривали проблемы с вытеснением работников из-за роботизации производства, хотя в России она составляет 34% от нынешнего уровня занятых. Однако речь не идет о единовременном вытеснении людей. Например, если к 2030 г. будет реализован федеральный проект «Развитие промышленной робототехники и автоматизации производства» и достигнуто целевое значение плотности роботизации — 145 ед. на 10 тыс. чел., то высвободится лишь 16% занятых. Если же заданные показатели распределить на 5 лет, то готовой излишек будет около 3%, что уже не является проблемой в условиях дефицита рабочих рук в стране. Однако детальное обсуждение влияния роботизации на рынок труда и переобустройства высвобождаемых трудовых ресурсов выходит за рамки статьи.

Что касается некоторых методологических нюансов модели (9), то они продуцируются в основном нехваткой исходных данных. Например, Россия не фигурирует в выборке стран, ибо по ней соответствующие данные отсутствуют. Вместе с тем можно вполне обоснованно предположить, что рынок промышленных роботов является глобальным, и их влияние на национальные экономики подчиняется универсальному правилу с учетом некоторых страновых особенностей. Тот факт, что после 2022 г. нашей стране был перекрыт доступ ко многим робототехническим системам мирового рынка, ничего не меняет. Дело в том, что Россия научилась обходить введенные санкции, а кроме того, у нее есть почти неограниченная возможность приобретать китайские модели производственных роботов. Таким образом, доступность РФ к новым технологиям сохранилась, хотя их цена из-за дополнительных издержек возрастает, что



легко можно учесть в приведенных выше аналитических расчетах.

Вопрос о стоимости некоего усредненного промышленного робота является дискуссионным, но не непреодолимым. Такой подход вызван желанием получить макроэкономические оценки, однако при необходимости есть возможность осуществить более подробную калькуляцию процесса внедрения роботов с учетом их рыночной цены, стоимости монтажа и наладки, а также с разбивкой их функционала, специфики и рыночных сегментов. Можно перейти к интервальным оценкам и усреднить их для удобства анализа. В любом случае все ограничения, использованные при построении модели (9) и работы с ней, могут быть существенно ослаблены.

Разумеется, сама модель (1) в виде эконометрической зависимости (9) несет в себе множество упрощений и условностей. Все это означает, что полученные результаты нельзя абсолютизировать. Любые нюансы в реальной жизни способны опровергнуть полученные обобщенные оценки. В связи с этим все представленные выводы следует воспринимать в качестве предварительных, которые нуждаются в конструктивной дискуссии, уточнении и развитии. Вместе с тем сами результаты представляются достаточными для очередного шага в осмыслении такого явления, как роботизация производства.

## ВЫВОДЫ

Построенная эконометрическая зависимость ПТ от плотности роботизации позволила уяснить целый ряд моментов и поставить новые вопросы.

Во-первых, идею технологического оптимизма, согласно которой массовая роботизация способна обеспечить революционный рост эффективности производства, предварительно можно классифицировать как мифологический нарратив. На самом деле процесс роботизации имеет свой предел, а его достижение не приводит к слишком большому росту ПТ. Тем самым полученные результаты открывают дискуссию о роли роботизации в современном обществе.

Во-вторых, автоматизация производства в разных странах происходит крайне неравномерно. Например, Россия имеет значительный резерв в деле внедрения роботов в промышленности, тогда как Китай уже практически исчерпал возможности этого драйвера технологического прогресса, а такие передовые малые страны, как Сингапур и Южная Корея, вообще превысили разумный предел в замене людей роботами, что ставит барьер в их долгосрочном росте ПТ.

В-третьих, технологическая конкуренция на рынке промышленных роботов приводит к неожиданным рокировкам. Например, если США и Китай выйдут на технологическую границу роботизации, то разрыв в ПТ двух стран не сократится, а только увеличится в пользу США. Аналогичные достижения в паре США и Россия дадут прямо противоположный результат: РФ сократит свое отставание, а преимущество Америки составит меньше трети от уровня ее ПТ. Для нас это имеет решающее значение — относительная ПТ России по сравнению с США составит почти 76%, а это превышает критическую границу эффективности (около 70%), за которой стране становится выгодно не только заимствовать иностранные технологии, но и разрабатывать свои собственные. Тем самым масштабная роботизация промышленности, помимо всего прочего, для нашей страны означает превращение из покупателя (реципиента) в производителя (донора) высоких технологий.

В-четвертых, расчет отдачи от роботизации обрабатывающей промышленности показывает весьма высокую продуктивность этого процесса. Рентабельность капитала, расходуемого на закупку и внедрение промышленных роботов, в США и России исчисляется сотнями и тысячами процентов. Это лишний раз доказывает, что роботизация национальной экономики должна поддерживаться государством, но реализовываться частным сектором, у которого для этого имеется достаточно стимулов.

Построенную модель следует рассматривать как полезный аналитический инструментарий для исследования рынка промышленных роботов. В дальнейшем она может быть усовершенствована в различных направлениях.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Jungmittag A., Pesole A. The impact of robots on labour productivity: A panel data approach covering 9 industries and 12 countries. JRC Working Papers on Labour, Education and Technology. 2019;(08). URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118044>
2. Kromann L., Malchow-Møller N., Skaksen J. R., Sørensen A. Automation and productivity — a cross-country, cross industry comparison. *Industrial and Corporate Change*. 2020;29(2):265-287. DOI: 10.1093/icc/dtz039
3. Graetz G., Michaels G. Robots at work. *The Review of Economics and Statistics*. 2018;100(5):753-768. DOI: 10.1162/rest\_a\_00754

4. Acemoglu D., Restrepo P. Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*. 2019;33(2):3-30. DOI: 10.1257/jep.33.2.3
5. Acemoglu D., Restrepo P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets. NBER Working Paper. 2017;(23285). URL: <http://www.nber.org/papers/w23285>
6. Dauth W., Findeisen S., Südekum J., Woessner N. DP12306 German robots — the impact of industrial robots on workers. CEPR Discussion Paper. 2017;(12306). URL: <https://cepr.org/publications/dp12306>
7. Autor D., Salomons A. Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. NBER Working Paper. 2018;(24871). DOI: 10.3386/w24871
8. Blanas S., Gancia G., Lee T. Who is afraid of machines? *Economic Policy*. 2019;34(100):627-690. DOI: 10.1093/epolic/eiaa005
9. Carbonero F., Ernst E., Weber E. Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade. International Labour Office Working Paper. 2018;(36). URL: <http://pinguet.free.fr/ilo648063.pdf>
10. Cette G., Devillard A., Spiezia V. The contribution of robots to productivity growth in 30 OECD countries over 1975-2019. *Economics Letters*. 2021;200:109762. DOI: 10.1016/j.econlet.2021.109762
11. Eder A., Koller W., Mahlberg B. The contribution of industrial robots to labor productivity growth and economic convergence: A production frontier approach. *Journal of Productivity Analysis*. 2024;61(2):157-181. DOI: 10.1007/s11123-023-00707-x
12. Ballestar M. T., Díaz-Chao Á., Sainz J., Torrent-Sellens J. Impact of robotics on manufacturing: A longitudinal machine learning perspective. *Technological Forecasting and Social Change*. 2021;162:120348. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120348
13. Koch M., Manuylov I., Smolka M. Robots and firms. *The Economic Journal*. 2021;131(638):2553-2584. DOI: 10.1093/ej/ueab009
14. Dottori D. Robots and employment: Evidence from Italy. *Economia Politica*. 2021;38(2):739-795. DOI: 10.1007/s40888-021-00223-x
15. Fernández-Macías E., Klenert D., Antón J. I. Not so disruptive yet? Characteristics, distribution and determinants of robots in Europe. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2021;58:76-89. DOI: 10.1016/j.strueco.2021.03.010
16. Acemoglu D., Lelarge C., Restrepo P. Competing with robots: Firm-level evidence from France. *AEA Papers and Proceedings*. 2020;110:383-388. DOI: 10.1257/pandp.20201003
17. Deng L., Plümpe V., Stegmaier J. Robot adoption at German plants. IWN Discussion Papers. 2020;(19). URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/228627/1/iwh-dp2020-19rev.pdf>
18. Schneider F. Do robots boost productivity? A quantitative meta-study. MPRA Paper. 2024;(123392). URL: [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/123392/1/MPRA\\_paper\\_123392.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/123392/1/MPRA_paper_123392.pdf)
19. Гурлев И. В. Цифровизация экономики России и проблемы роботизации. *Вестник Евразийской науки*. 2020;12(4):36. URL: <https://esj.today/PDF/08ECVN420.pdf>
20. Архипова Л. С., Мельникова Д. М. Оценка современных барьеров, влияющих на цифровизацию российского рынка труда. *Региональная экономика и управление: электронный научный журнал*. 2022;(2):2. DOI: 10.24412/1999-2645-2022-270-2
21. Федюнина А. А., Городный Н. А., Симачёв Ю. В. Рынок промышленной робототехники в России под санкциями: в поиске драйверов спроса и предложения. *ЭКО: всероссийский экономический журнал*. 2024;(2):91-107. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2024-2-91-107
22. Игошина Д. Р. Особенности цифровизации бизнес-процессов в компаниях малого и среднего предпринимательства. *Индустриальная экономика*. 2021;(5-11):1092-1097. DOI: 10.47576/2712-7559\_2021\_5\_11\_1092
23. Ермолов И. Л. О роли промышленной робототехники в развитии промышленности России. *Инновации*. 2019;(10):127-129. DOI: 10.26310/2071-3010.2019.252.10.015
24. Староватова Д. А. Связь уровня роботизации и производительности труда: важен ли масштаб бизнеса? *Journal of New Economy*. 2023;24(1):81-103. DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-1-4
25. Федюнина А. А., Городный Н. А., Симачев Ю. В. Влияние роботизации на производительность промышленных предприятий в России. *Российский журнал менеджмента*. 2023;21(1):66-88. DOI: 10.21638/spbu18.2023.104
26. Анисимов А. Ю., Алексахина С. А., Козлова У. А., Горшкова А. А. Оценка влияния автоматизации и роботизации на производительность труда и модернизацию промышленности. *Дружковский вестник*. 2025;(4):169-182. DOI: 10.17213/2312-6469-2025-4-169-182



27. Романова И.В., Игишев А.В. Влияние роботизации на производительность труда и квалификационные требования к персоналу на высокотехнологичных производствах. *Экономика и управление: проблемы, решения*. 2025;3(5):38-49. DOI: 10.36871/ek.ur.p.r.2025.05.03.006
28. Урунов А.А., Родина И.Б. Влияние искусственного интеллекта и интернет-технологий на национальный рынок труда. *Фундаментальные исследования*. 2018;(1):138-142.
29. Земцов С.П. Роботы и потенциальная технологическая безработица в регионах России: опыт изучения и предварительные оценки. *Вопросы экономики*. 2017;(7):142-157. DOI: 10.32609/0042-8736-2017-7-142-157
30. Толкачев С.А., Кулаков А.Д. Роботизация как направление неоиндустриализации (на примере США). *Мир новой экономики*. 2016;(2):79-87.
31. Балацкий Е.В., Раптовский А.В. Инновационные и инвестиционные факторы эффективности производства. *Общество и экономика*. 2007;(1):3-27.
32. Балацкий Е.В., Екимова Н.А. Инновационно-технологические матрицы и национальные стратегии экономического развития. *Управленец*. 2019;10(5):9-19. DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-5-2
33. Балацкий Е.В. Идентификация технологического фронта. *Форсайт*. 2021;15(3):23-34. DOI: 10.17323/2500-2597.2021.3.23.34
34. Балацкий Е.В. Технологическая диффузия и инвестиционные решения. *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2012;(3):10-34.
35. Балацкий Е.В., Екимова Н.А. «Особый сектор» экономики как драйвер экономического роста. *Journal of New Economy*. 2020;21(3):5-27. DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-3-1

## REFERENCES

1. Jungmittag A., Pesole A. The impact of robots on labour productivity: A panel data approach covering 9 industries and 12 countries. JRC Working Papers on Labour, Education and Technology. 2019;(08). URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118044>
2. Kromann L., Malchow-Møller N., Skaksen J.R., Sørensen A. Automation and productivity — a cross-country, cross industry comparison. *Industrial and Corporate Change*. 2020;29(2):265-287. DOI: 10.1093/icc/dtz039
3. Graetz G., Michaels G. Robots at work. *The Review of Economics and Statistics*. 2018;100(5):753-768. DOI: 10.1162/rest\_a\_00754
4. Acemoglu D., Restrepo P. Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor. *Journal of Economic Perspectives*. 2019;33(2):3-30. DOI: 10.1257/jep.33.2.3
5. Acemoglu D., Restrepo P. Robots and jobs: Evidence from US labor markets. NBER Working Paper. 2017;(23285). URL: <http://www.nber.org/papers/w23285>
6. Dauth W., Findeisen S., Südekum J., Woessner N. DP12306 German robots — the impact of industrial robots on workers. CEPR Discussion Paper. 2017;(12306). URL: <https://cepr.org/publications/dp12306>
7. Autor D., Salomons A. Is automation labor-displacing? Productivity growth, employment, and the labor share. NBER Working Paper. 2018;(24871). DOI: 10.3386/w24871
8. Blanas S., Gancia G., Lee T. Who is afraid of machines? *Economic Policy*. 2019;34(100):627-690. DOI: 10.1093/epolic/eiaa005
9. Carbonero F., Ernst E., Weber E. Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade. International Labour Office Working Paper. 2018;(36). URL: <http://pinguet.free.fr/ilo648063.pdf>
10. Cette G., Devillard A., Spiezia V. The contribution of robots to productivity growth in 30 OECD countries over 1975-2019. *Economics Letters*. 2021;200:109762. DOI: 10.1016/j.econlet.2021.109762
11. Eder A., Koller W., Mahlberg B. The contribution of industrial robots to labor productivity growth and economic convergence: A production frontier approach. *Journal of Productivity Analysis*. 2024;61(2):157-181. DOI: 10.1007/s11123-023-00707-x
12. Ballestar M.T., Díaz-Chao Á., Sainz J., Torrent-Sellens J. Impact of robotics on manufacturing: A longitudinal machine learning perspective. *Technological Forecasting and Social Change*. 2021;162:120348. DOI: 10.1016/j.techfore.2020.120348
13. Koch M., Manuylov I., Smolka M. Robots and firms. *The Economic Journal*. 2021;131(638):2553-2584. DOI: 10.1093/ej/ueab009
14. Dottori D. Robots and employment: Evidence from Italy. *Economia Politica*. 2021;38(2):739-795. DOI: 10.1007/s40888-021-00223-x

15. Fernández-Macías E., Klenert D., Antón J.I. Not so disruptive yet? Characteristics, distribution and determinants of robots in Europe. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2021;58:76-89. DOI: 10.1016/j.strueco.2021.03.010
16. Acemoglu D., Lelarge C., Restrepo P. Competing with robots: Firm-level evidence from France. *AEA Papers and Proceedings*. 2020;110:383-388. DOI: 10.1257/pandp.20201003
17. Deng L., Plümpe V., Stegmaier J. Robot adoption at German plants. IWN Discussion Papers. 2020;(19). URL: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/228627/1/iwh-dp2020-19rev.pdf>
18. Schneider F. Do robots boost productivity? A quantitative meta-study. MPRA Paper. 2024;(123392). URL: [https://mpra.ub.uni-muenchen.de/123392/1/MPRA\\_paper\\_123392.pdf](https://mpra.ub.uni-muenchen.de/123392/1/MPRA_paper_123392.pdf)
19. Gurlev I.V. Digitalization of the Russian economy and problems of robotics. *Vestnik Evraziiskoi nauki = The Eurasian Scientific Journal*. 2020;12(4):36. URL: <https://esj.today/PDF/08ECVN420.pdf> (In Russ.).
20. Arkhipova L.S., Melnikova D.M. Assessment of modern barriers affecting digitalization of Russian labor market. *Regional'naya ekonomika i upravlenie: elektronnyi nauchnyi zhurnal = Regional Economics and Management: Electronic Scientific Journal*. 2022;(2):2. (In Russ.). DOI: 10.24412/1999-2645-2022-270-2
21. Fedyunina A.A., Gorodnyi N.A., Simachev Yu.V. Industrial robotics market in Russia under sanctions: In search of supply and demand drivers. *EKO: vserossiiskii ekonomicheskii zhurnal = ECO Journal*. 2024;(2):91-107. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2024-2-91-107
22. Igoshina D.R. Features of digitalization of business processes in companies of small and medium entrepreneurship. *Industrial'naya ekonomika = Industrial Economics*. 2021;(5-11):1092-1097. (In Russ.). DOI: 10.47576/2712-7559\_2021\_5\_11\_1092
23. Ermolov I.L. Role of industrial robots in perspectives of Russian economy. *Innovatsii = Innovations*. 2019;(10):127-129. (In Russ.). DOI: 10.26310/2071-3010.2019.252.10.015
24. Starovatova D.A. The relationship between robots and labour productivity: Does business scale matter? *Journal of New Economy*. 2023;24(1):81-103. (In Russ.). DOI: 10.29141/2658-5081-2023-24-1-4
25. Fedyunina A.A., Gorodnyi N.A., Simachev Yu.V. The impact of robotization on productivity of manufacturing firms in Russia. *Rossiiskii zhurnal menedzhmenta = Russian Management Journal*. 2023;21(1):66-88. (In Russ.). DOI: 10.21638/spbu18.2023.104
26. Anisimov A.Yu., Aleksakhina S.A., Kozlova U.A., Gorshkova A.A. Assessing the impact of automation and robotics on labor productivity and industrial modernization. *Drukerovskii vestnik*. 2025;(4):169-182. (In Russ.). DOI: 10.17213/2312-6469-2025-4-169-182
27. Romanova I.V., Igishev A.V. The impact of robotics on labor productivity and qualification requirements for personnel in high-tech industries. *Ekonomika i upravlenie: problemy resheniya = Economics and Management: Problems, Solutions*. 2025;3(5):38-49. (In Russ.). DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2025.05.03.006
28. Urunov A.A., Rodina I.B. Influence of artificial intelligence and the Internet – technologies on national labor market. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*. 2018;(1):138-142. (In Russ.).
29. Zemtsov S.P. Robots and potential technological unemployment in the Russian regions: Review and preliminary results. *Voprosy ekonomiki*. 2017;(7):142-157. (In Russ.). DOI: 10.32609/0042-8736-2017-7-142-157
30. Tolkachev S.A., Kulakov A.D. Robotization as the direction of neoindustrialization (on the example of the USA). *Mir novoi ekonomiki = The World of New Economy*. 2016;(2):79-87. (In Russ.).
31. Balatsky E., Raptovsky A. Innovation and investment as factors of production efficiency. *Obshchestvo i ekonomika = Society and Economy*. 2007;(1):3-27. (In Russ.).
32. Balatsky E.V., Ekimova N.A. Innovation-technology matrices and national economic development strategies. *Upravlenets = The Manager*. 2019;10(5):9-19. (In Russ.). DOI: 10.29141/2218-5003-2019-10-5-2
33. Balatsky E. Identification of the technology frontier. *Forsait = Foresight and STI Governance*. 2021;15(3):23-34. (In Russ.). DOI: 10.17323/2500-2597.2021.3.23.34
34. Balatsky Ye.V. Technological diffusion and investment decision. *Zhurnal Novoi ekonomicheskoi assotsiatsii = Journal of The New Economic Association*. 2012;(3):10-34. (In Russ.).
35. Balatsky E.V., Ekimova N.A. Driving the economy: The role of a special economic sector. *Journal of New Economy*. 2020;21(3):5-27. (In Russ.). DOI: 10.29141/2658-5081-2020-21-3-1



## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS



**Евгений Всеволодович Балацкий** — доктор экономических наук, профессор, главный научный сотрудник, Центр сравнительных социально-экономических исследований ИМЭМО РАН, Москва, Российская Федерация

**Evgeny V. Balatsky** — Dr. Sci. (Econ.), Professor, Chief Research Fellow, Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences (IMEMO), Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0000-0002-3371-2229>

*Автор для корреспонденции / Corresponding author:*

[evbalatsky@inbox.ru](mailto:evbalatsky@inbox.ru)



**Наталья Александровна Екимова** — кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Центр сравнительных социально-экономических исследований ИМЭМО РАН, Москва, Российская Федерация

**Natalia A. Ekimova** — Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Senior Researcher, Primakov National Research Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences (IMEMO), Moscow, Russian Federation

<http://orcid.org/0000-0001-6873-7146>

[n.ekimova@bk.ru](mailto:n.ekimova@bk.ru)

*Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*Conflicts of Interest Statement: The authors have no conflicts of interest to declare.*

*Статья поступила 21.02.2026; после рецензирования 10.03.2026; принята к публикации 25.03.2026.*

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

*The article was received on 21.02.2026; revised on 10.03.2026 and accepted for publication on 25.03.2026.*

*The authors read and approved the final version of the manuscript.*