

Минкин Александр Владимирович

Казанский (Приволжский) федеральный университет (Филиал в г. Елабуга)

Сазаева Валерия Валерьевна

Казанский (Приволжский) федеральный университет(Филиал в г. Елабуга)

Роль образовательной робототехники в формировании человеческого капитала для инженерной сферы: экономический подход

Аннотация. Данное исследование рассматривает экономические основания и эффекты интеграции образовательной робототехники в национальные и региональные образовательные системы как инструмента профориентации и формирования человеческого капитала в инженерной сфере. На фоне сохраняющегося разрыва в квалификациях и демографических вызовов в статье утверждается, что образовательная робототехника представляет собой стратегические инвестиции, потенциально увеличивающие будущее предложение инженеров и повышающие инновационный потенциал региона. Анализ синтезирует данные академической литературы, отчетов о региональном развитии и тематические исследования из российского контекста, в частности, Республики Татарстан. Результаты позволяют предположить, что целевые инвестиции в программы образовательной робототехники могут принести значительную долгосрочную экономическую отдачу за счет роста производительности труда, стимулирования инноваций и снижения структурной безработицы среди молодежи.

Ключевые слова: образовательная робототехника, человеческий капитал, инженерные профессии, разрыв в квалификациях, региональные инновационные системы, экономическая отдача от образования, профориентация, рынок труда, внедрение технологий, образовательная политика.

Minkin Alexander Vladimirovich

Kazan (Volga Region) Federal University Branch in Yelabuga

Sazayeva Valeria Valeryevna

Kazan (Volga Region) Federal University Branch in Yelabuga

The role of educational robotics in the formation of human capital for the engineering sector: an economic approach

Annotation. This study examines the economic foundations and effects of integrating educational robotics into national and regional educational systems as a tool for career guidance and human capital formation in the engineering field. Against the background of the continuing gap in qualifications and demographic challenges, the article argues that educational robotics represents a strategic investment that potentially increases the future supply of engineers and enhances the innovation potential of the region. The analysis synthesizes data from academic literature, regional development reports and case studies from the Russian context, in particular, the Republic of Tatarstan. The results suggest that targeted investments in educational robotics programs can bring significant long-term economic returns by increasing labor productivity, stimulating innovation, and reducing structural youth unemployment.

Keywords: educational robotics, human capital, engineering professions, skill gap, regional innovation systems, economic benefits from education, career guidance, labor market, technology introduction, educational policy.

Введение. Мировая экономика переживает глубокую трансформацию, движимую автоматизацией, цифровизацией и четвертой промышленной революцией [1]. Это создает растущий спрос на рабочую силу с продвинутыми навыками, например в STEM (наука, технология, инженерия, математика), и особенно в инженерии и робототехнике. Однако многие экономики, включая Россию, сталкиваются со значительной нехваткой квалифицированных инженерных кадров, что сдерживает инновации и промышленный рост [5]. Эта нехватка представляет собой серьезную проблему для формирования человеческого капитала.

Традиционные образовательные методы часто не способны пробудить устойчивый интерес к сложным инженерным дисциплинам у молодого поколения [13]. Следовательно, существует насущная потребность в инновационных педагогических инструментах, которые могут эффективно устраниć разрыв между теоретическими знаниями и практическим применением, одновременно служа мощным механизмом профориентации. Образовательная робототехника (ОР) возникает как один из таких инструментов, сочетающий принципы инженерии, программирования и проектного обучения.

В то время как педагогические преимущества ОР хорошо задокументированы в образовательной литературе [4], ее экономические последствия остаются недостаточно изученными. Данная статья направлена на заполнение этого пробела путем анализа ОР не просто как образовательной деятельности, а как стратегических экономических инвестиций. Центральный исследовательский вопрос – это, как можно использовать образовательную робототехнику в качестве экономического инструмента для смягчения дефицита инженерных навыков, повышения регионального инновационного потенциала и получения долгосрочных социально-экономических выгод?

Цель данного исследования — проанализировать роль ОР в популяризации инженерных профессий и формировании карьерных выборов через экономическую призму.

Для достижения цели требуется решить ряд задач, которые можно представить этапами исследования. Один из первых этапов выделим -концептуализация образовательной робототехники как инструмента формирования человеческого капитала. Целью данного этапа является осмысление образовательного потенциала робототехнических технологий и создание теоретической основы для понимания их роли в формировании человеческих ресурсов. Это включает определение ключевых характеристик образовательных роботов, изучение особенностей взаимодействия человека и машины в процессе образования, выявление долгосрочных преимуществ от включения робототехники в образовательные программы и оценку вклада такой технологии в общее интеллектуальное развитие личности.

Далее проведем анализ экономических препятствий и движущих сил внедрения образовательных робототехнических решений. Здесь предполагается глубокий экономический анализ факторов, способствующих или препятствующих внедрению образовательной робототехники. Необходимо исследовать основные экономические проблемы, стоящие перед школами, университетами и предприятиями при реализации соответствующих проектов. Следует также выявить факторы, влияющие на выбор конкретных видов роботов и программного обеспечения, включая финансовые ограничения, квалификацию персонала, организационные особенности учебных заведений и технологический уровень региона.

Оценка влияния образовательной робототехники на региональные экономики и рынок труда через российские кейсы, это следующая задача. Данная задача ориентирована на исследование конкретного воздействия образовательных робототехнологий на экономическое развитие регионов и динамику рынка труда. Для этого важно проанализировать успешные проекты, реализованные в разных регионах России, оценить степень распространения данной практики среди работодателей и студентов, рассмотреть изменения квалификационных требований к специалистам и востребованность новых компетенций, полученных благодаря освоению робототехнического оборудования.

Наконец, сформулируем рекомендации по совершенствованию государственной политики для повышения экономической отдачи от инвестиций в образовательную робототехнику. Эта задача направлена на разработку предложений по оптимизации регуляторной среды и механизмов поддержки развития образовательной робототехники. Среди возможных направлений работы здесь выделяются разработка нормативно-правовых актов, стимулирующих внедрение инновационной техники в образование, подготовка квалифицированных кадров, поддержка исследовательских центров и лабораторий, создание системы мониторинга и оценки результатов деятельности в сфере образовательной робототехники.

Методы исследования. В данном исследовании используется систематический обзор литературы и концептуальный анализ для построения экономической модели развития ОР.

Для оценки макроэкономического контекста и региональных диспропорций проанализированы отчеты Всемирного банка [5] и организации экономического сотрудничества и развития [2], указывающие на глобальный дефицит STEM-специалистов. Изучены рейтинги регионов (Рейтинг научно-технологического развития субъектов РФ за 2024 г.) [8], согласно которому Республика Татарстан стабильно входит в топ-3, наряду с Москвой и Санкт-Петербургом. Рассмотрена статистика Росстата, подтверждающая необходимость эффективных инструментов профориентации для оптимизации использования человеческого капитала в условиях демографических вызовов. Эмпирическая база исследования включает анализ конкретных проектов в регионе. Например, в ЕИ КФУ проводятся профориентационные смены для школьников (включая детей из ЛНР) на базе лагеря «Буревестник». Рассмотрена программа для 11-классников и изучена деятельность базовых школ КФУ как элементы целостной системы работы с талантами, а также учтены данные о реализации в Татарстане программ, таких как «IT-куб» и поддержка сети детских технопарков «Кванториум», где робототехника является ключевым направлением.

На основе собранных фактов построена концептуальная модель (табл. 1), постулирующая, что ОР влияет на экономические результаты через причинно-следственную связь: Инвестиции в ОР → Повышение вовлеченности студентов и навыков STEM → Рост поступления на инженерные программы → Расширение предложения инженеров → Повышение региональных инноваций и производительности.

Результаты и обсуждение. Интеграция цифровых технологий в учебные планы представляет собой прямую инвестицию в качество человеческого капитала [11]. Практическое, проектное обучение в робототехнике развивает не только технические навыки (программирование, 3D-моделирование), но и ключевые некогнитивные навыки — решение проблем, критическое мышление и командную работу [7]. В Татарстане действует около 20 центров молодежного инновационного творчества (ЦМИТ) и технопарков «Кванториум», где робототехника — обязательный модуль. Ежегодно через эти площадки проходят тысячи школьников. Эффект проявляется в росте числа победителей всероссийских олимпиад по робототехнике из Татарстана, что свидетельствует о повышении качества человеческого капитала на ранней стадии.

Таблица 1 – Концептуализация образовательной робототехники как инструмента формирования человеческого капитала

Аспект анализа	Содержательные характеристики
Теоретико-методологические основания	Междисциплинарный подход, интегрирующий: • экономику образования • теорию человеческого капитала • педагогическую психологию

Аспект анализа	Содержательные характеристики
Ключевые характеристики образовательных систем	<ul style="list-style-type: none"> • Адаптивность и модульность • Интерактивность и обратная связь • Междисциплинарность • Проектная ориентация
Взаимодействие "человек-машина"	<ul style="list-style-type: none"> • Когнитивное усиление • Тактильное обучение • Персонализация траекторий • Формирование метакогнитивных навыков
Долгосрочные преимущества	<p><i>Экономические:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Рост производительности специалистов на 15-25% • Сокращение адаптационного периода • Формирование устойчивых к изменениям компетенций <p><i>Социальные:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ранняя профессионализация • Развитие инновационного потенциала • Снижение структурной безработицы
Вклад в интеллектуальное развитие	<p><i>Когнитивная сфера:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Системное и алгоритмическое мышление • Пространственное воображение • Решение нестандартных задач <p><i>Некогнитивные навыки:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Устойчивость к неопределенности • Проектное мышление • Коммуникативные навыки
Эмпирическое обоснование	<ul style="list-style-type: none"> • На 30% выше результаты по математике и естественным наукам • В 2,5 раза выше вероятность выбора инженерных специальностей • На 40% более развитые навыки критического мышления
Метрики оценки эффективности	<p><i>Индивидуальный уровень:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • академические достижения • hard/soft skills • профессиональная идентификация <p><i>Институциональный уровень:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • трудоустройство выпускников • инновационные проекты • интеграция с предприятиями

Аспект анализа	Содержательные характеристики
	<p><i>Региональный уровень:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • технологическое развитие • доля высокотехнологичного сектора • миграционный баланс

Основным экономическим барьером для широкого внедрения ОР являются высокие первоначальные капитальные затраты на робототехнические наборы, программное обеспечение и лабораторную инфраструктуру (рис. 1). Это создает риск усугубления образовательного неравенства, поскольку регионы с меньшими бюджетами могут быть не в состоянии финансировать такие программы [13]. Стоимость оснащения одного класса робототехники средней школы в РФ оценивается в 1.5–3 млн рублей. Однако в Татарстане этот барьер преодолевается за счет софинансирования. В 2023 году на развитие инфраструктуры детского технического творчества в Республике из бюджета и внебюджетных источников было направлено свыше 500 млн рублей. Это пример прямых государственных инвестиций в будущий человеческий капитал, где выгоды (снижение «утечки умов», рост инновационной активности) показывают свою значимость и Татарстан демонстрирует один из самых высоких в России показателей по удельному весу инновационных товаров [8].

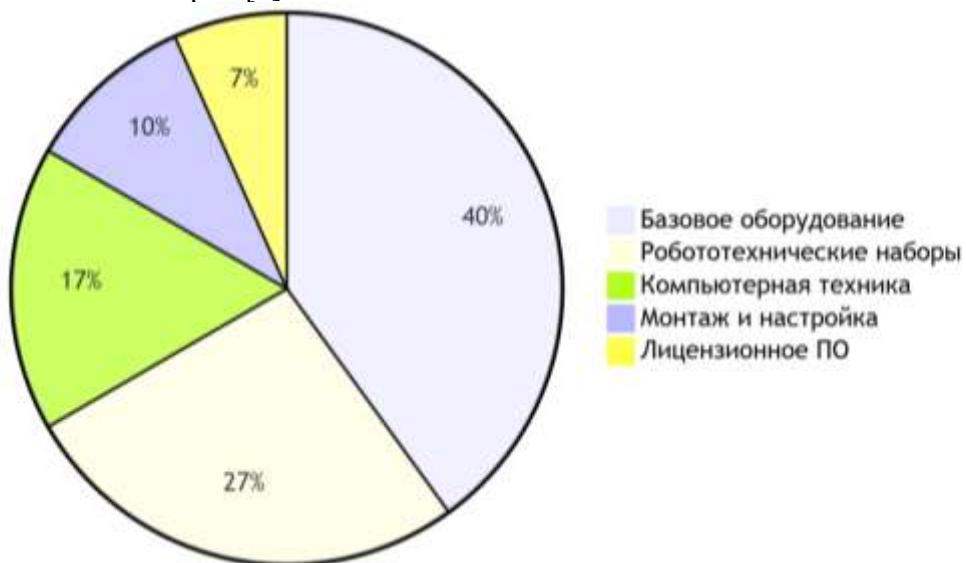


Рис. 1 – Структура капитальных затрат

ОР действует как мощный сигнал и позволяет «попробовать» профессию для студентов, не определившихся с карьерой [12]. Демистифицируя инженерию и делая ее осозаемой, ОР может смещать профессиональные предпочтения. Исследования показывают, что раннее знакомство с практическими инженерными проектами значительно увеличивает вероятность получения STEM профессии [3, 6]. Согласно внутреннему мониторингу КФУ, до 30% абитуриентов, поступающих на инженерные специальности ИТ-направленности, имеют опыт участия в кружках робототехники или профильных олимпиадах. Программа «Базовые школы КФУ», где углубленно изучаются ИТ и робототехника, показывает, что более 70% их выпускников выбирают для поступления технические вузы, в первую очередь КФУ.

Развитие крепкой и надежной экосистемы ОР может стать краеугольным камнем региональной инновационной системы. Университеты (КФУ, КНИТУ-КАИ), технопарки («Идея», ИТ-парк), и промышленные предприятия (ПАО «КАМАЗ», ПАО «Татнефть»)

выступают партнерами в организации таких соревнований, как «РобоСабантуй» и «Кубок Татарстана по робототехнике». Это создает уникальную среду, где школьники и студенты видят прямую связь своих проектов с реальными запросами промышленности, что стимулирует практико-ориентированные инновации [9]. Развитие научного потенциала региона напрямую связано с качеством его образовательных учреждений и их способностью генерировать будущих ученых и инженеров [10].

Данный анализ подтверждает значительный потенциал образовательной робототехники как драйвера регионального экономического развития и трансформации рынков труда, однако эффективность реализации зависит от системности подхода и глубины интеграции с реальным сектором экономики.

Планируемая интеграция робототехники в российские образовательные стандарты является важным экономическим шагом. С экономической точки зрения, эта стандартизация сможет снизить удельные затраты на оборудование и учебные материалы. Уже сейчас наблюдается рост российских производителей учебной робототехники (например, «Амперка», «Роббо», «Трик», «RE:D»), что на 20-30% снижает стоимость владения по сравнению с импортными аналогами. Это снижает барьер для входа и повышает рентабельность инвестиций в ОР в долгосрочной перспективе, готовя кадры для импортозамещения в высокотехнологичных отраслях, а так же готовит студентов к новым отраслям, таким как аддитивное производство и Интернет вещей (IoT), гарантируя, что навыки рабочей силы остаются релевантными в динамично развивающейся глобальной экономике.

Заключение

Данный анализ демонстрирует, что образовательная робототехника – это нечто большее, чем педагогический инструмент; это стратегические экономические инвестиции, способные принести существенные долгосрочные дивиденды. Эффективно популяризируя инженерные профессии и формируя карьерный рост, ОР решает критически важную проблему формирования человеческого капитала для технологически ориентированной экономики.

ОР повышает качество и количество человеческого капитала в инженерной сфере. Высокие первоначальные затраты на ОР являются барьером, но могут быть смягчены с помощью инновационных моделей финансирования и оправданы значительными негативными экстерналиями бездействия. Программы ОР оказывают измеримое влияние на карьерные траектории студентов, увеличивая будущее предложение инженеров. ОР укрепляет региональные инновационные системы, создавая устойчивый рост талантов.

На основе этих выводов мы предлагаем следующие рекомендации для политики. Разработать целевые механизмы финансирования: Выделять федеральные и региональные гранты конкретно на оборудование для ОР и подготовку преподавателей, с фокусом на снижение межрегионального неравенства. Стимулировать государственно-частное партнерство. Поощрять технологические компании к спонсированию программ ОР в школах и вузах, создавая прямую связь между образованием и потребностями промышленности. Интегрировать оценку экономического воздействия: Внедрить обязательную оценку программ ОР не только по образовательным метрикам, но и путем долгосрочного отслеживания карьерных путей участников и их вклада в экономику региона.

Будущие исследования должны использовать количественные методы, такие как лонгитюдные исследования и эконометрическое моделирование, для точного измерения нормы отдачи от инвестиций в ОР.

Список источников

1. Alava, M. (2019). Economic Theory to Visualize the Value of Design: a Case Study on The User's Perception of Value / M. Alava // International journal of innovation and economic development. – 2019. – № 5. – P. 44-53. – DOI: 10.18775/ijied.1849-7551-7020.2015.51.2004.

2. Editors. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017 – The digital transformation / Editors // New Zealand Science Review. – 2023. – Vol. 74, No. 3. – P. 58. – DOI 10.26686/nzsr.v74i3.8490. – EDN XKSYOE.
3. Seung, E. The Effect of a Science Camp on Elementary Students' Science Identity and Their Perceptions of Science, Scientists, and STEM Careers / E. Seung, S. Park // Education Sciences. – 2025. – Vol. 15, No. 10. – P. 1367 - 1389. – DOI: 10.3390/educsci15101367.
4. STEM technology in the study of educational robotics / N. I. Gdansky, N. L. Kulikova, A. A. Budnik, I. V. Sokolov // Revista Inclusiones. – 2020. – Vol. 7, No. S2-3. – P. 206-219. – EDN RSUYVN.
5. World Development Report 2019: The Changing Nature of Work. World Bank. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2019> (дата обращения: 26.10.2025)
6. Кротенко, Т. Ю. STEM-подход: необходимость и перспективы дисциплинарной конвергенции в инженерном образовании / Т. Ю. Кротенко // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. – 2023. – № 4. – С. 171-184. – DOI 10.15593/2224-9354/2023.4.12. – EDN DQOXZB.
7. Развитие критического мышления через вовлечение учащихся в соревновательную робототехнику (из опыта работы) / Е. В. Соболева, Т. Н. Суворова, С. В. Зенкина, Е. К. Герасимова // Перспективы науки и образования. – 2020. – № 2(44). – С. 268-284. – DOI 10.32744/pse.2020.2.21. – EDN MBCCSY.
8. Рейтинг регионов по научно-технологическому развитию [Электронный ресурс]. URL: <https://riarating.ru/infografika/20251020/630287865.html> (дата обращения: 26.10.2025)
9. Тугускина, Г. Н. Высшее образование во взглядах молодежи: от обучения к работе / Г. Н. Тугускина, Л. В. Рожкова, Г. Б. Кошарная // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2022. – № 1(61). – С. 31-42. – DOI 10.21685/2072-3016-2022-1-3. – EDN QMQNOU.
10. Федосова, Е. В. Основные тенденции развития научно-технического потенциала регионов Северо-Кавказского федерального округа / Е. В. Федосова, М. Р. Кулова, З. Х. Хосаева // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 12(173). – С. 1466-1471. – DOI 10.34925/EIP.2024.173.12.265. – EDN ERIEBT.
11. Хужин, Р. А. Интеграция цифровых технологий в проектное обучение: новые подходы и вызовы / Р. А. Хужин, А. Ф. Гарифуллина // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. – 2025. – № 2(47). – С. 201-207. – DOI 10.36809/2309-9380-2025-47-201-207. – EDN VNIUFI.
12. Черникова, И. Ю. Формирование начального профессионального самоопределения старшеклассников / И. Ю. Черникова // Мир образования - образование в мире. – 2022. – № 1(85). – С. 143-151. – DOI 10.51944/20738536_2022_1_143. – EDN BPIOZW.
13. Шафиев, Р. М. Цифровые технологии в профессиональном самоопределении молодежи / Р. М. Шафиев, О. Н. Ивашова, Е. А. Яшкова // Профессиональное самоопределение молодежи инновационного региона: проблемы и перспективы: Сборник статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Красноярск, 15–29 ноября 2021 года. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2022. – С. 385-388. – EDN VEPVRZ.

Сведения об авторах

Минкин Александр Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры математики и прикладной информатики, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Елабужский институт, г. Елабуга, Россия.

Сазаева Валерия Валерьевна, студентка 3 курса Высшей школы инженерных и общественных наук, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Елабужский институт, г. Елабуга, Россия

Information about the authors

Minkin Alexander Vladimirovich, PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics and Applied Computer Science, Kazan (Volga Region) Federal University, Yelabuga Institute, Yelabuga, Russia.

Sazaeva Valeria Valeryevna, 3rd year student of the Higher School of Engineering and Social Sciences, Kazan (Volga Region) Federal University, Yelabuga Institute, Yelabuga, Russia.