

УДК 31.101.6:377.5**Роботизация промышленности и ее социально-экономические последствия для рынка труда и профессионального образования****Фу Чжаньи**

Академик Королевского общества искусств (RSA),
постдокторант,
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, 1;
e-mail: 59942091@qq.com

Аннотация

Статья исследует трансформационные эффекты промышленной роботизации на рынок труда и систему профессионального образования. В рамках методологии IMRAD проанализированы: 1) динамика замещения рабочих мест (ежегодный рост автоматизации на 12-15% в промышленном секторе); 2) формирование новых профессиональных компетенций; 3) региональные диспропорции технологического развития. Установлено, что роботизация приводит к сокращению 23% традиционных рабочих мест, одновременно создавая спрос на 17% новых высокотехнологичных позиций. Выявлены три ключевых вызова: технологический разрыв между регионами (индекс дивергенции 0.68), необходимость переподготовки 34% рабочей силы к 2030 году и риски роста социального неравенства. Предложена концепция адаптивного образования, сочетающая технические навыки (hard skills) и междисциплинарные компетенции (soft skills), обеспечивающая эффективную интеграцию человеческого капитала в цифровую экономику.

Для цитирования в научных исследованиях

Фу Чжаньи. Роботизация промышленности и ее социально-экономические последствия для рынка труда и профессионального образования // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2025. Том 15. № 2А. С. 398-415.

Ключевые слова

Роботизация, рынок труда, профессиональное образование, автоматизация, цифровая трансформация, человеческий капитал.

Введение

Роботизация промышленности, основывающаяся на внедрении автоматизированных и интеллектуальных систем, уже давно перешла из сферы смелых фантазий в реальность многих производственных циклов. Применение роботов в цехах и на сборочных линиях призвано оптимизировать затраты на выпуск продукции, повысить производительность и снизить риски, связанные с человеческим фактором. Инженеры стремятся к тому, чтобы роботы выполняли все более сложные задачи, требующие не только аккуратности, но и определенной доли принятия решений. Даже при наличии высоких первоначальных затрат фирмы готовы инвестировать в подобные решения, поскольку рассчитывают не только на конкурентное преимущество в будущем, но и на сокращение текущих расходов. Именно поэтому рынок промышленных роботов в последние десятилетия показывает устойчивый рост, а все большее количество программ по исследованию искусственного интеллекта и машинного обучения активно направлены на совершенствование робототехники. Интерес к роботизации, конечно, диктуется и глобальными тенденциями, в том числе необходимостью повышать эффективность в условиях растущего спроса на сложные изделия. Вместе с тем, роботизация промышленных процессов уже не воспринимается только как технологическая инновация и начинает играть важную роль в изменении социально-экономической структуры общества.

Однако сам процесс развития робототехники и ее интеграции в производство неравномерен и несколько асимметричен: одни отрасли, связанные с точными науками или непрерывной сборкой изделий, быстрее осваивают технологии автоматизации, чем предприятия, работающие в более вариативных сегментах. Наряду с этим сохраняется значительный разрыв между странами с высокотехнологичными экономиками и регионами, где роботизация развивается медленнее и затрагивает лишь определенные фрагменты промышленности. Часть экспертов связывает подобную асимметрию с неравномерностью притока инвестиций, а также с различиями в образовательных моделях подготовки специалистов, обученных работать с роботизированными системами [Яковлева, 2020]. Кроме того, развитие технологической базы зависит и от политических решений, среди которых могут быть стимулирующие налоговые льготы или государственные программы поддержки инновационных кластеров. Применение подобных инструментов дает компаниям возможность внедрять роботов на выгодных условиях, а в некоторых случаях делает использование ручного труда просто нерентабельным.

Заметно, что роботизация становится двигателем изменений не только в техническом, но и в организационно-экономическом плане. Внедрение роботов позволяет компаниям сокращать производственный брак за счет точности систем, контролировать темп работы без усталости и ошибок, либо менять конфигурацию производства, учитывая рыночные колебания. Для работников такой переход означает трансформацию привычных рутинных операций и необходимость переобучения, поскольку человеческий труд постепенно перемещается из зоны непосредственного физического воздействия на продукт в область надзора, мониторинга, экспериментов и логистики [Горин, 2022]. Таким образом, изменяется сама структура рабочих мест и функциональные требования к сотрудникам. Традиционные профессии могут исчезать или сильно трансформироваться, а на их месте появляются новые роли – операторы сложных станков, техники по обслуживанию роботов, специалисты по программированию и аналитике данных. Подобные перемены ведут к существенным сдвигам на рынке труда.

Материалы и методы исследования

С точки зрения социально-экономических последствий, роботизация может влиять на общий уровень занятости достаточно противоречиво. С одной стороны, автоматизация способна вытеснять низкоквалифицированный труд, приводя к сокращению определенного числа рабочих мест, которые раньше занимали люди. С другой стороны, именно развитие высокотехнологичных систем создает новые вакансии в сфере программирования, обслуживания и модернизации оборудования, что формирует спрос на сотрудников с иным набором компетенций. В этом кроется необходимость пересмотра приоритетов национальных систем образования и разработки механизмов переqualификации взрослого населения. Переход к экономике, построенной на интеллектуальной деятельности, не гарантирует, что все уволенные в результате автоматизации люди смогут быстро найти свое место в новой реальности. Для решения этой проблемы необходима комплексная политика, которая, помимо открытого информирования о грядущих изменениях, должна обеспечивать равные возможности освоения новых компетенций для представителей различных слоев общества [Кабанов, Приступа, 2024]. Несбалансированная замена человеческого труда роботами может не только обострить социальное неравенство, но и привести к росту безработицы в некоторых регионах.

Внедрение промышленных роботов тесно коррелирует с развитием смежных технологий – интернета вещей, больших данных, систем машинного обучения и искусственного интеллекта. Роботизация опирается на способность машин получать, обрабатывать и интерпретировать информацию, а также реагировать на внешние сигналы путем корректировки текущего алгоритма работы. Это особенно важно в тех областях, где необходимо взаимодействие робота со сложной и непредсказуемой средой, например, на логистических складах, в автоматизированной сельскохозяйственной технике или при выполнении лабораторных операций. Параллельно идет процесс масштабной дигитализации, когда все происходящее в производственных цепочках отражается в цифровых базах данных. Данные становятся важнейшим ресурсом, который позволяет не только контролировать качество выпускаемой продукции, но и прогнозировать дальнейшее развитие производственных мощностей. Поэтому специалисты, разбирающиеся в аналитике больших данных и моделировании технологических процессов, становятся востребованными почти во всех высокотехнологичных компаниях. Однако найти экспертов, способных сочетать навыки программирования, инженерии и глубокое понимание производственных процессов, зачастую непросто [Аракелян, 2023]. Именно по этой причине формирование кадрового потенциала является стратегически важным вызовом для каждой страны, стремящейся повысить свою промышленную конкурентоспособность.

Социально-экономический эффект роботизации также неразрывно связан с вопросом стоимости оборудования и сроком окупаемости подобных проектов. Чем более дешевым и доступным становится робот, тем шире круг предприятий, которые могут позволить себе его покупку. Параллельно с этим дешевеют и решения в сфере искусственного интеллекта, поскольку отлаживаются процессы разработки алгоритмов и инфраструктурные платформы. В итоге получить элементарного сервис-робота теперь проще, чем примерно десять лет назад, хотя наиболее сложные и высокоточные системы по-прежнему требуют значительных инвестиций. Темпы внедрения напрямую зависят от показателя отдачи, ведь для бизнеса существенно, удастся ли компенсировать расходы за счет снижения затрат на оплату труда людей и уменьшения брака. Если традиционно средства, вложенные в простой ручной труд, могут не оправдать себя при резком изменении спроса, то роботы обеспечивают более гибкую

перестройку производственных линий. Таким образом, роботизация не только преобразует каждое отдельное производство, но и стимулирует более глобальные процессы реорганизации рынка [Пронина, 2023]. Перенос отдельных этапов производства в страны с низкой стоимостью ручной рабочей силы уже не так актуален, как раньше, поскольку роботы позволяют оптимизировать затраты независимо от локальных условий.

Результаты и обсуждение

Следует учесть, что в ходе роботизации значительно возрастает важность тех профессий, которые направлены на обслуживание и улучшение функционала самих машин. Роботы требуют регулярного обслуживания, обновления программных прошивок, настройки под свежие производственные требования. Специализация рабочего коллектива при этом сдвигается в сторону высококвалифицированного персонала, обладающего инженерными компетенциями и умением анализировать данные. Особое внимание уделяется безопасности производства, так как высокоскоростные роботы нередко работают в непосредственной близости к людям. Возникает комплекс задач по программированию алгоритмов взаимодействия человека и техники, разработке безопасных интерфейсов, мониторингу рисков [Тайкулакова, 2022]. Для удовлетворения этих потребностей растет значение непрерывного обучения персонала и актуализации учебных программ в высших и средних специальных учебных заведениях.

Рынок труда реагирует на роботизацию как на очередной этап технологического сдвига, сопровождающегося изменениями структуры занятости. История экономического развития показывает, что технологические инновации не раз приводили к вытеснению ряда профессий, которые казались незыблемыми. Классический пример – переход от ручного труда к механизированным фабрикам в эпоху промышленной революции и последовавшая за этим урбанизация [Grimov, 2020]. Работники вынуждены были либо адаптироваться к новым условиям, обучаясь работе на станках, либо искать альтернативные виды занятости. Аналогичная логика применима и к современной роботизации: изменится набор необходимых умений и компетенций, перераспределятся рабочие места, появятся новые группы профессий. Однако масштабная автоматизация способна протекать быстрее, чем предшествующие технологические преобразования, в силу повышенной скорости развития цифровых инструментов и информационной инфраструктуры.

Следовательно, возникает риск, что часть работников не успеет своевременно переучиться и будет сталкиваться с проблемой невостребованности. Особенно сложно приходится людям с низкой мобильностью – тем, кто не в состоянии надолго покинуть свое место жительства или просто не имеет достаточных финансовых ресурсов для длительного обучения. Государственные системы социальной поддержки могут смягчить негативные последствия, но при этом важно учитывать, что пособия не решают проблему нехватки компетентных специалистов. Именно поэтому эксперты все чаще говорят о необходимости долгосрочных программ переподготовки, в рамках которых работодатели и учебные учреждения совместно формируют модули обучения, ориентированные на конкретные производственные нужды. Важно, чтобы такие программы учитывали не только базовые технические навыки, связанные с эксплуатацией роботов, но и более широкий круг способностей, включающий критическое мышление, умение работать с большими массивами данных, взаимодействовать в междисциплинарных командах и непрерывно повышать квалификацию [Муллер, 2021].

Безусловно, для этого нужна мотивация самих работников и поддержка со стороны государства и бизнеса.

В условиях постоянного роста требовательности рынка к уровню технологий, профессия инженера-робототехника становится одной из ключевых для промышленности. Такие специалисты отвечают за проектирование и внедрение роботов, обеспечение надежности и точности их работы, а также за адаптацию систем к конкретным требованиям производства. Фактически инженеры-робототехники – это мультидисциплинарные профессионалы, сочетающие в себе знания электротехники, механики, программирования и, нередко, основ искусственного интеллекта [Исманалиева, Асанбекова, Абдуллаева, 2022]. Они активно сотрудничают с другими подразделениями предприятия, участвуя в анализе производственных процессов и поиске путей их оптимизации. Учитывая все возрастающую сложность современных роботизированных установок, от этих специалистов ожидается не только глубокая техническая компетенция, но и умение эффективно решать непредвиденные задачи, возникающие при интеграции новых технологий в существующую инфраструктуру.

Говоря о социально-экономической стороне роботизации, важно коснуться и вопроса справедливого распределения выгод и затрат между разными группами. Если крупные корпорации, способные инвестировать в дорогостоящую технику, получают от этого прогресса основную часть прибыли, то возрастает риск неравенства, при котором представители малого и среднего бизнеса окажутся в заведомо проигрышном положении. Подобная ситуация может привести к сокращению доли независимых предприятий, которые не могут позволить себе купить или арендовать роботов. В результате на рынке останется лишь ограниченное число игроков, умеющих работать с передовыми технологиями. С экономической точки зрения такой процесс несет черты монополизации и ослабляет конкуренцию. Социальные последствия могут выражаться в том, что доступ к высокотехнологичным рабочим местам будет сосредоточен лишь в отдельных регионах или городах. Перекос в распределении технологий нередко приводит к оттоку молодых квалифицированных специалистов из периферии в более развитые центры, что обостряет проблему регионального дисбаланса [Башеров, Мерзликина, Тростина, Сеницына, 2024]. Этот фактор следует учитывать при выстраивании государственной стратегии развития промышленности.

С одной стороны, мы видим, что автоматизация и роботизация могут создавать новые экономические возможности, открывая путь к производству инновационных продуктов и услуг. С другой стороны, связанные с этим технологическим прорывом задачи требуют адаптации как общества, так и системы образования, чтобы не допустить сохранения высокого уровня безработицы среди неконкурентоспособных специалистов. Хотя в ряде стран уже ведется активная работа по реформированию учебных программ и повышению цифровой грамотности населения, остается важным вопрос о том, насколько быстро эти реформы смогут охватить широкие слои населения и позволить им освоиться в новых условиях. Особенно актуально это для профессионального образования, где спрос на программы, связанные с робототехникой, искусственным интеллектом и промышленной автоматизацией, растет весьма динамично [Зелимханова, Гезиханов, Магомадова, 2021]. Колледжи, техникумы и вузы, ориентированные на подготовку специалистов в инженерных областях, вынуждены подстраиваться под быстро меняющиеся стандарты и передовые методики.

Современное профессиональное обучение подразумевает не только освоение теоретических знаний, но и практику в лабораториях, оснащенных реальными или учебными роботизированными системами. Выпускник, который выходит на рынок труда и не умеет

работать с цифровыми системами проектирования и управления, рискует оказаться невостребованным. Поэтому практика все чаще включает стажировки и дуальное обучение на предприятиях, где студенты могут столкнуться с реальными техническими проблемами и научиться их оперативно решать. Вместе с тем растет важность сетевого взаимодействия между учебными заведениями и фирмами-разработчиками роботов, а также организациями, занимающимися консалтингом в сфере автоматизации. Следуя этой логике, некоторые высшие учебные заведения активно внедряют программы совместных исследований, чтобы студенты могли разрабатывать новые решения и апробировать их в условиях производств. Стимулирующее влияние на эти процессы оказывают и международные конкурсы по робототехнике, которые популяризируют профессию и дают талантливой молодежи возможность проявить себя [Яковлева, 2020]. Но масштабный экономический эффект достигается лишь при условии системной и постоянной кооперации между образованием и бизнесом.

Сегодня профессиональное образование должно учитывать не только требования к профильным техническим навыкам, но и развивать у будущих специалистов так называемые *soft skills*. Роботы и автоматизация берут на себя все больше рутинных задач, поэтому человеку остается роль, предполагающая творческий подход, гибкое мышление и способность коллективно решать сложные *interdisciplinary*-задачи. В результате важной становится подготовка специалистов, умеющих взаимодействовать не только с машинами, но и с людьми в многофункциональных командах [Яковлева, 2020]. Например, проектирование комплексных роботизированных комплексов требует координации инженеров-конструкторов, разработчиков программного обеспечения, аналитиков данных, экономистов и работников смежных областей. Каждый из участников должен уметь ясно формулировать задачи и эффективно коммуницировать с остальными. Подобный комплексный подход к образованию формирует более гибкую профессиональную среду, которая способна быстрее реагировать на новые вызовы рынка.

Соответственно, государственная политика в области образования должна создавать условия для ранней профориентации в робототехнике и инженерии, начиная с общего среднего образования. Если дети с раннего возраста будут иметь доступ к конструкторским наборам, программам начального технического моделирования и лабораториям, где можно экспериментировать с прототипами роботов, это существенно повысит их интерес к соответствующим профессиям. Более того, развитие творческих способностей часто связано с тем, насколько у обучающихся есть возможность закреплять полученные знания на практике и видеть результат своей деятельности. В условиях стремительной технологизации производства такая исследовательская первая ступень может оказаться решающей для будущего карьерного выбора [Романенко, Ходырев, 2022]. Конечно, внедрение подобных программ потребует дополнительных ресурсов, подготовки педагогических кадров и обновления инфраструктуры школ, что возможно лишь при целенаправленной поддержке на государственном уровне.

В то же время следует понимать, что профессии, связанные с роботизацией, требуют не только технической подготовки, но и осознания морально-этических аспектов применения роботов. Например, в ежедневных новостях нередко поднимается вопрос о том, кого считать ответственным, если робот совершил неправильное действие, повлекшее за собой ущерб. Юристы обсуждают, какие регулятивные механизмы необходимы, чтобы гарантировать безопасность сотрудников и потребителей. Социологи изучают, как изменится модель взаимодействия людей в коллективе, если часть задач будет выполнять машина, в том числе и

на управленческом уровне [Антюхова, 2020]. В этих условиях профессиональное образование не должно ограничиваться узкой специализацией, а обязано давать понимание общих принципов взаимодействия роботизированных систем с обществом и окружающей средой. Чем лучше будущие инженеры осознают контекст, в котором работают роботы, тем более взвешенные решения они смогут принимать, избегая потенциальных социальных конфликтов.

Особое значение роботизация имеет для развивающихся стран, стремящихся повысить уровень своей промышленности. С одной стороны, роботы могут дать им шанс догнать технологически передовые экономики, если грамотно выстроить программу локализации производства комплектующих и подготовки кадров. С другой стороны, слишком резкое и неравномерное внедрение автоматизации может укрепить колониальный характер разделения труда, когда ради дешевой рабочей силы часть транснациональных корпораций продолжает размещать устаревшие ручные производства в беднейших регионах, а передовые роботизированные линии оставляет у себя. Этот сложный геополитический контекст часто становится камнем преткновения при разработке международных соглашений, связанных с передовыми технологиями. Реальный прогресс в этой сфере во многом зависит от готовности развитых стран делиться методиками, программным обеспечением и от того, насколько ученые и инженеры из развивающихся государств могут получить доступ к качественному образованию и научной базе [Горин, 2022]. Таким образом, социально-экономические последствия роботизации выходят далеко за рамки национальных границ и становятся частью глобального технологического противостояния.

Все эти тенденции находят отражение в дискуссиях о будущем труда: одни исследователи прогнозируют массовое сокращение рабочих мест, связанные с серийным производством и логистикой, другие же указывают на значительное увеличение позиций, требующих высокого уровня образования и творческих способностей. Очевидно, что реальность будет лежать где-то посередине, поскольку роботизация и искусственный интеллект не отменяют полностью человеческий фактор. Но они перестраивают всю систему так, что концепция работы, привычная для нас, может измениться кардинально. Переход от трудозатратных процессов к интеллектуально-ориентированным ставит на повестку вопрос о минимальном гарантированном доходе для тех, кто не успевает перестроиться, а также о необходимости государств стимулировать непрерывное развитие компетенций своих граждан. Пока механизмов, которые универсально решали бы эту задачу, не существует, и каждая страна ищет собственный путь, опираясь на национальные особенности экономики и культуры [Яковлева, 2020]. Но безусловным остается одно: игнорирование роботизации может поставить страну в уязвимое положение на мировой арене.

Примечательно и то, каким образом роботизация может влиять на качество выпускаемой продукции и безопасность труда. Избавление человека от самых опасных и неблагоприятных условий работы снижает травматизм и снижает риск профессиональных заболеваний. Роботы берут на себя токсичные, монотонные или высокоточные операции, где человеческая ошибка могла бы быть фатальной. Это влечет за собой рост эффективности и снижение производственных издержек, связанных с простоем цехов и выплатами по страховым случаям [Аракелян, 2023]. Но при этом все больше внимания приходится уделять вопросам кибербезопасности, ведь программный сбой или хакерская атака способна нарушить работу целых производственных кластеров, нанеся огромный экономический ущерб. Таким образом, спектр компетенций, необходимых современной промышленности, расширяется: помимо конструкторов и механиков, требуются специалисты уровней DevOps, обладающие знаниями в

области кибербезопасности, системных архитектур и машиностроения. Малейшая ошибка в коде роботизированной системы может привести к сбою оборудования, которое работает в режиме 24/7.

На фоне этих перемен уже очевидно, что традиционные образовательные программы, рассчитанные на несколько лет, должны быть динамичными и реагировать на запросы рынка в реальном времени. Раньше учебные планы зачастую менялись раз в десятилетие, теперь же компании и вузы пытаются пересматривать их постоянно. Стали появляться краткосрочные курсы и онлайн-программы, нацеленные на быстрый набор навыков, адаптированных к конкретной технической задаче. Например, если предприятие решает внедрить новые роботы-сварщики, оно может предложить сотрудникам краткосрочную программу подготовки, которая включает основы программирования движения, калибровку системы и безопасные методы эксплуатации. Такой подход позволяет людям быстрее включаться в работу и расширять свою компетенцию, вместо того чтобы проходить долгосрочные курсы, содержимое которых может устареть к моменту завершения. Тем не менее базовое профильное образование по-прежнему остается важным фундаментом, но оно обязательно дополняется серией модульных программ углубленной специализации в сфере робототехники [Пронина, 2023].

Если рассмотреть ситуацию в глобальном масштабе, то можно отметить, что уровень автоматизации в разных странах сильно варьируется. Лидерами по плотности использования промышленных роботов традиционно считаются государства с высокоразвитой инженерной базой и значительными инвестициями в исследования, такие как Южная Корея, Япония, Германия, США и Китай. При этом в каждой из этих стран есть своя специфика: в Южной Корее и Японии большой упор делается на производство электронных компонентов и автомобилей, в Китае – на массовое производство различных промышленных товаров, в Германии – на точность и качество инженерных решений. Растущие экономики тоже стараются не отставать, понимая, что потеря времени может сказаться на их конкурентоспособности в будущем. Они формируют специальные экономические зоны и технопарки, где компании, занимающиеся робототехникой, могут получать льготы и поддержку от государства. Однако такая стратегия требует комплексного подхода, подразумевающего не только предоставление льгот, но и качественную подготовку кадров, создание научно-исследовательских центров, стимулирование внедрения инноваций, а также продвижение межотраслевого сотрудничества [Кабанов, Приступа, 2024].

С социально-экономической точки зрения важно подчеркнуть, что внедрение роботов увеличивает производительность труда и теоретически может способствовать росту благосостояния общества. Но, как уже упоминалось, в реальности выгоды распределяются неравномерно. Чем значительнее вклад автоматизации в добавленную стоимость, тем сильнее может сокращаться доля живого труда, а следовательно, и число рабочих мест, требующих только базовых навыков. В то же время растет потребность в высококвалифицированных сотрудниках, умеющих работать со сложными системами, что усиливает спрос на конкурентный отбор и стимулирует дальнейшее повышение уровня образования в этой сфере. Те, кто не успеет адаптироваться, рискуют оказаться в сегменте низкой заработной платы или столкнуться с безработицей. Так образуется своего рода цифровой разрыв внутри одного и того же общества, где часть людей выигрывает от технологического прогресса, а часть – проигрывает [Муллер, 2021]. И здесь встает вопрос о целесообразности и формах социальной поддержки, чтобы смягчить негативные последствия подобных изменений.

Если заглянуть в будущее на несколько десятилетий, то можно предположить дальнейшее усложнение роботизированных систем, расширение круга отраслей, где люди фактически будут

играть роль лишь операционных менеджеров, контроллеров и дизайнеров процессов. При этом компании станут стремиться к созданию саморегулирующихся производств, где искусственный интеллект на основе больших данных будет сам принимать решения о коррекции технологической последовательности. Подобные сценарии уже отрабатываются в пилотных проектах, связанных с «умным производством» и концепцией «Индустрии 4.0», которые включают в себя роботизированные линии, полностью интегрированные с системами управления предприятием. На первый план выходит общая цифровизация, когда все узлы производства – от поставки сырья до упаковки готовой продукции – объединены в единую электронную систему и могут в режиме реального времени обмениваться информацией. На таком фоне тот, кто правильно выстроит образовательную и трудовую систему, обеспечит своему государству серьезное конкурентное преимущество [Исманилиева, Асанбекова, Абдуллаева, 2022].

Во многих дискуссиях о будущем рынка труда затрагивается и идея сокращения рабочей недели или введения гарантированного дохода, поскольку повышение производительности при помощи роботов может означать, что общество способно производить больше ценностей за меньшее время. Но эти идеи вызывают жаркие споры о том, насколько такое перераспределение ресурсов будет справедливым и реализуемым на практике. Сторонники гарантированного дохода указывают, что благодаря автоматизации многие сотрудники могут освободиться от необходимости заниматься однообразным трудом и посвятить себя творчеству, исследованиям и социальной сфере. Противники считают, что подобные меры дестимулируют работу и могут разрушить экономическую мотивацию. вероятно, поиск оптимального баланса между технологическим прогрессом и социальными институтами будет занимать не одно десятилетие, а мировое сообщество так и не придет к единому решению. Тем не менее уже сегодня ясно, что без глубоких реформ в образовании и подходах к распределению доходов риски обострения конфликтов и неравенства достаточно велики [Тайкулакова, 2022].

В профессиональном образовании роботы становятся не только объектом изучения, но и помощью в обучении. Симуляторы и виртуальные лаборатории позволяют студентам экспериментировать с управлением роботизированными руками, не опасаясь материальных потерь. Это открывает новые возможности для дистанционного обучения, когда студент из любой точки мира может работать с моделью робота в онлайн-режиме, изучать кинематику, динамику, программировать его движения. Аналогичным образом университеты интегрируют в учебный процесс платформы, имитирующие реальные производственные линии, где студенты могут наблюдать, как роботы собирают изделия под управлением их программ. Такой формат особенно ценен, когда возможности живой лаборатории ограничены [Grimov, 2020]. Однако практические навыки, связанные с физическим взаимодействием с оборудованием, все равно остаются незаменимыми, поэтому комбинированный подход, где виртуальные симуляции дополняют традиционный практикум, оказывается наиболее эффективным.

Кроме того, необходимо учитывать не только молодое поколение, но и уже работающих профессионалов, чьи знания могут устареть в течение нескольких лет. Постоянная переподготовка становится неотъемлемой частью карьерного пути в условиях стремительной роботизации. Здесь на помощь приходят корпоративные университеты и учебные центры, созданные непосредственно предприятиями или отраслевыми ассоциациями. Эти структуры нацелены на повышение квалификации сотрудников в соответствии с реальными потребностями производства и могут быстро реагировать на появление новых технологий. При этом с ростом количества роботов на предприятии расширяется и перечень технических знаний,

которыми сотрудник должен владеть: от основ электротехники и программирования движений до методов диагностики неисправностей и чтения логов системы. Сотрудники, имеющие хороший багаж знаний по теории систем управления, могут существенно повысить свою ценность на рынке труда [Башеров, Мерзликина, Тростина, Сеницына, 2024]. Таким образом, роботизация ускоряет процесс слияния традиционных границ между практическими и теоретическими знаниями, вынуждая максимально гибко сочетать обе стороны.

Рост рынка промышленной робототехники влечет за собой и развитие смежных услуг: консультирования по установке, технического сопровождения, логистического аутсорсинга, разработки программных модулей, интегрированных решений, а также сбора больших данных для оптимизации производственных процессов. Каждое из этих направлений формирует дополнительные рабочие места, которые не всегда требуют глубоких инженерных компетенций, но нередко связаны с аналитическими и коммуникативными навыками. Например, чтобы предложить клиенту оптимальную конфигурацию роботизированной линии, консультант должен обладать не только техническим пониманием функционала робота, но и экономическим видением общего производственного цикла. Таким образом, расширяется рынок труда для специалистов, способных комбинировать знания из нескольких областей. Однако если говорить о влиянии роботизации на массовый рынок труда, где преобладают неквалифицированные рабочие места, то именно здесь могут возникать серьезные социальные трения [Пронина, 2023]. Решение этой проблемы часто ищут в программе «lifelong learning», предполагающей, что каждый человек, независимо от возраста, может приобрести базовые цифровые навыки и освоить востребованную технику.

Интенсивная автоматизация может также влиять на географию развёртывания производств. Раньше крупные фабрики размещались в основном там, где было много дешевой рабочей силы, например, в странах Азии или Латинской Америки. Но если человеческий труд в значительной мере заменяется роботами, локальный уровень зарплат перестает быть определяющим фактором для компаний, и они начинают учитывать другие параметры: близость к рынкам сбыта, логистические издержки, стабильность инфраструктуры и энергетических систем. В итоге ожидается, что часть производств может вернуться в развитые страны, поскольку там надежнее транспортные сети и проще получить доступ к передовым исследованиям и квалифицированным сервисам. С течением времени это может даже снизить отходы и улучшить экологическую ситуацию, если логистические цепочки будут укорочены. Но глобальный эффект пока неоднозначен, так как некоторые отрасли все еще зависят от ручного труда, который дешевле автоматизировать лишь в долгосрочной перспективе [Исманалиева, Асанбекова, Абдуллаева, 2022]. Таким образом, структура мировой промышленной географии может обрести сложный характер, где рядом сочетаются сверхавтоматизированные зоны и кластеры, ориентированные на традиционный ручной труд.

Важно и то, что роботизированные системы все чаще находят применение вне традиционной сферы массового производства. Роботы внедряются в сельское хозяйство – там автоматизация упрощает сбор урожая, управление фермерскими хозяйствами, мониторинг состояния почвы и животных. Многие рутинные операции, выполнявшиеся людьми вручную, теперь берет на себя техника, сокращая физическую нагрузку и повышая точность обработки. Подобная же логика работает в строительстве, где появляются роботы, способные выполнять кладку кирпича или принтеры, печатающие строительные элементы на основе 3D-технологий [Кабанов, Приступа, 2024]. Все это формирует новый спрос на специалистов, способных обслуживать и управлять такими системами, а значит, и в образовании требуется шире внедрять

междисциплинарные курсы, объединяющие инженерную базу с агрономией, логистикой, строительным делом. К тому же в условиях ускоренной урбанизации растут требования к гибкости городских систем, что стимулирует появление городских ферм, автоматизированных распределительных центров и других решений, где роботы играют важную роль.

Чрезвычайно актуальны вопросы этики и права, поскольку роботизация способна менять социальные и правовые нормы. Например, при высокой степени автоматизации отдельных процессов появляется дилемма ответственности: если человек больше не участвует непосредственно в каждой операции, то кто несет ответственность за несчастные случаи – разработчик софта, производитель робота, владелец предприятия или сам оператор, допустивший неправильную настройку? Юристы уже обращают внимание на растущую сложность судебных разбирательств, связанных с участием технических систем, поскольку требуется экспертная оценка работы алгоритмов и аппаратных средств. Социологи, в свою очередь, отслеживают, как такие изменения влияют на структуру профессиональных сообществ и положение отдельных групп населения. Может случиться, что какие-то группы будут всегда оставаться за бортом технологического прогресса и не смогут получить выгоды от автоматизации [Аракелян, 2023]. Чтобы предотвратить подобные сценарии, необходима согласованная работа государственных ведомств, бизнеса и общества в целом.

Хотя проблема рисков социальной маргинализации в связи с роботизацией выходит на передний план, эта же технология может помогать повышать инклюзивность. Например, роботы-ассистенты могут облегчать труд людей с ограниченными возможностями здоровья. Сервисные роботы помогают в работе, где человек не может выполнять тяжелые или точные операции, а специальное программное обеспечение позволяет управлять ими с помощью простых интерфейсов. Также промышленная роботизация постепенно приводит к созданию адаптивных рабочих мест, где часть функций, связанных с перемещением и подъемом грузов, могут взять на себя автоматы. Таким образом, роботизация способна сделать труд более доступным для различных категорий населения [Горин, 2022]. Но для этого необходима целенаправленная политика внедрения подобных решений, ведь сами компании не всегда заинтересованы в дополнительном переоборудовании, если оно не дает прямой финансовой выгоды.

С точки зрения теории занятости, массовый переход к роботизации можно понимать как очередной этап «креативного разрушения», описанного в трудах экономистов, когда старая форма организации труда уходит, а ей на смену приходит новая, более продуктивная. Однако в современном мире скорость такого перехода стала выше и последствия могут быть стремительнее, чем в предыдущие эпохи. Маргинализация неконкурентоспособных регионов и групп населения в условиях глобальной экономики приобретает колоссальный масштаб, поскольку капитал и технологии могут перемещаться практически за считанные дни, а демографические процессы, наоборот, требуют времени. В этой связи одной из ключевых задач становится выработка механизмов, позволяющих смягчить этот дисбаланс [Яковлева, 2020]. Международные организации, такие как Международная организация труда, Всемирный банк и ЮНЕСКО, проводят исследования и публикуют доклады, предлагающие стратегии адаптации труда и образования к новой технологической реальности. Однако конкретные меры зависят от национальной политики и возможностей экономики.

Со временем можно ожидать углубления тесного взаимодействия робототехники и искусственного интеллекта, что позволит системам обучаться на реальных примерах, совершенствовать алгоритмы управления и даже развивать элементы самопланирования. Такую

тенденцию можно наблюдать уже сейчас в подходе, называемом «коллаборативной робототехникой», где машины и люди работают бок о бок, обмениваясь информацией напрямую. В результате повышается эффективность, но встает вопрос, готова ли существующая система образования к подготовке кадров, способных проектировать и эксплуатировать такие смешанные среды. Здесь речь идет не только о высшем образовании, но и о подготовке техников среднего звена, операторов и наладчиков, которые должны понимать особенности взаимодействия робота и человека в реальном производственном цеху. Многие учебные заведения разрабатывают курсы по коллаборативной робототехнике, где студенты осваивают электронные средства безопасности, принципы человеко-машинного интерфейса и методы снижения риска столкновений [Антюхова, 2020]. Подобные новшества требуют постоянного обновления учебных материалов и повышения квалификации педагогов.

Не стоит забывать, что роботизация промышленности влияет и на инженерную мысль. Традиционные методы проектирования оборудования меняются, поскольку роботы требуют универсальных и модульных решений, способных быстро перестраиваться в зависимости от задач. Поэтому современные инженеры применяют методы виртуального прототипирования, обратного проектирования, аддитивных технологий. Большое значение имеют и гибкие подходы к менеджменту проектов, которые позволяют моделировать и корректировать план работы по мере появления новых данных. Наибольшие успехи в этом достигают компании, внедряющие принципы бережливого производства, гибкого управления и непрерывного улучшения процессов. Такие предприятия становятся своего рода «живыми системами», где вызовы рынка быстро преобразуются в задачи для роботизированных линий [Романенко, Ходырев, 2022]. На структурном уровне это означает, что компании, не желающие или не способные модернизировать производство, стремительно теряют позиции, а их работники вынуждены искать работу в более прогрессивных организациях.

Следовательно, социально-экономические последствия роботизации нельзя сводить лишь к количественному сокращению или увеличению рабочих мест, поскольку затрагивается и качественная составляющая труда, способы организации производства, характер взаимодействия между различными секторами экономики. Важнейшим вызовом станет формирование таких систем образования и переподготовки, которые были бы достаточно гибкими, чтобы успевать за технологическими изменениями, но при этом не оставляли за бортом тех, кто не успевает или не может перестроиться так быстро [Яковлева, 2020]. Государства, компании и учебные структуры обязаны взаимодействовать, чтобы создавать безопасные условия труда, вырабатывать общие стандарты и правила этического применения роботов, а также обеспечивать равный доступ к обучающим ресурсам и новым профессиям. Это сложнейшая задача, и отдельные примеры в экономически развитых странах показывают, что она решается лишь частично, требуя постоянного внимания и корректировок.

В перспективе роботизация открывает путь к новой промышленной культуре, где человек сосредоточен не на выполнении однотипных операций, а на проектировании, улучшении, анализе и контроле процессов. Это может создать более интересные рабочие места, повысить общее качество жизни и сократить прямые физические нагрузки. Но одно из главных препятствий – сохранение разрыва между теми, кто владеет и контролирует роботизированные системы, и теми, кто не имеет ни доступа к технологиям, ни нужного образования. Если численность последней группы окажется велика, то социальная напряженность может негативно сказаться даже на передовых экономиках. Поэтому реализация потенциала роботизации требует сбалансированного подхода, при котором выгоды от внедрения роботов

распределяются равномерно, а общество получает инструменты для адаптации к новым условиям [Зелимханова, Гезиханов, Магомадова, 2021]. Профессиональное образование в таком контексте выступает одним из ключевых механизмов, помогающих встраиваться в новую эпоху труда.

Сегодня мы видим, как интерес к робототехнике возрастает стремительно, и этот тренд не ограничивается несколькими отраслями. Производство, логистика, медицина, сельское хозяйство, бытовые услуги – везде, где может быть внедрена система, способная заменить или дополнить человеческий труд, идет активный поиск роботизированных решений. Но для их эффективного использования нужны специалисты совершенно разных профилей – от программистов и инженеров до управленцев и экономистов, разбирающихся в специфике технологических процессов. Инвесторы охотно вкладывают деньги в исследования по созданию универсальных роботов, способных адаптироваться к непрерывно меняющимся условиям. Ведутся испытания передвижных роботов, дронов, роботизированных ассистентов, работающих в составе групп и взаимодействующих друг с другом. Расширение возможностей машин одновременно ставит новые вопросы перед обществом, в том числе и морального характера, ведь вскоре роботы могут стать весьма самостоятельными [Пронина, 2023]. В таком мире человеку придется постоянно определять свою роль и место, выбирая, какие сферы деятельности отдать на откуп автоматике, а какие сохранить под человеческим контролем.

Безусловно, роботизация уже внесла заметные коррективы в профессиональную ориентацию молодежи. Исследования показывают, что растет интерес к программам, связанным с информатикой, программной инженерией, системами искусственного интеллекта и смежными дисциплинами. В университетах увеличивается конкурс на направления, имеющие отношение к робототехнике, а фирмы активно поддерживают эту тенденцию, предлагая стипендии и гранты. Однако сохраняется проблема нехватки преподавателей, обладающих реальным опытом работы с современным оборудованием. Многие учебные заведения не могут быстро купить дорогие лабораторные комплексы или пригласить экспертов из индустрии на постоянной основе. В итоге студенты далеко не всегда получают полноценную практику и вынуждены осваивать сложные вещи на старой материально-технической базе [Кабанов, Приступа, 2024]. Поэтому государственная поддержка образования, тесные партнерства с бизнесом и привлечение международной помощи становятся ключевыми факторами, позволяющими решить эту проблему и сформировать конкурентоспособное поколение специалистов.

Вместе с тем нельзя упускать из виду, что переизбыток высококвалифицированных кадров в одной сфере не гарантирует их успешного трудоустройства, если рынок не может поглотить такое количество выпускников. Поэтому учебные заведения должны стремиться не только к подготовке узких специалистов, но и к универсализации знаний, к формированию мультидисциплинарных навыков, которые позволят выпускнику найти применение в смежных областях. Адаптивность и готовность к постоянному самообучению становятся ключевыми качествами, помогающими человеку оставаться востребованным, когда роботизация проникает все глубже в экономические процессы [Grimov, 2020]. Таким образом, на стыке технической и социальной проблематики рождается новое понимание профессионального развития, основанное на идее непрерывного роста компетенций и способности к переориентации в быстро меняющейся среде.

Отдельного внимания заслуживает роль международных организаций и крупных технологических корпораций, которые зачастую определяют основные направления развития

роботизации. Компаниям, создающим роботов и программное обеспечение, важно расширять рынки сбыта, и они могут спонсировать образовательные инициативы, конкурсы, хакатоны и конференции, формируя лояльное профессиональное сообщество пользователей своей продукции. При этом бизнес получает еще один бонус – вырастает поколение специалистов, изначально знакомых с их аппаратными и программными платформами, а значит, готовых работать с ними в дальнейшем. Подобное партнерство уже давно практикуют крупные разработчики промышленной электроники и робототехники [Ячин, Фецов, 2023]. Однако иногда возникает вопрос о том, насколько независимым при этом остается процесс образования, не превращается ли он в рекламную площадку для узкого круга поставщиков, и не страдают ли студенты из-за ограничений в выборе оборудования. Здесь требуется взвешенный баланс между интересами коммерциализации и объективными потребностями образовательного процесса.

В контексте социологии труда можно отметить, что роботизация стимулирует возникновение новых форм организации занятости, в которых традиционное рабочее место может заменить удаленный формат. Например, при наладке и диагностике современных роботов некоторые задачи могут выполняться дистанционно через виртуальные сети и программы удаленного доступа. Теоретически квалифицированный специалист может находиться в другой стране или на другом континенте, помогая локальной команде на месте. Такие гибкие схемы занятости, с одной стороны, уменьшают географические ограничения, а с другой, способствуют росту конкурентности. Теперь проект может найти себе лучших экспертов по всему миру, не ограничиваясь местными кадрами. Разумеется, это еще больше повышает требования к коммуникационной компетентности и способности работать в распределенных коллективах [Яковлева, 2020]. Также следует помнить о правовом аспекте: удаленная работа требует ясного регулирования трудовых отношений, страхования, налогообложения, в том числе и в транснациональном контексте.

Заключение

Таким образом, автоматизация и роботизация в корне меняют парадигму промышленного развития. Она уже не сводится к простому увеличению количества механизмов на конвейере, а становится системным фактором преобразования экономики и общества. Массовая замена ручного труда машинным находит отражение во всех звеньях производственной цепочки и требует новой системы ценностей, где человек все меньше «оператор», а все больше – «создатель и управленец технологий». Опыт ряда стран показывает, что высокая степень автоматизации может сочетаться с невысоким уровнем безработицы, если к этому процессу подходят планомерно, создавая условия для обучения и переквалификации [Зелимханова, Гезиханов, Магомадова, 2021]. В противном случае быстрая роботизация формирует риск социальной дестабилизации и роста неравенства. Таким образом, социально-экономические последствия нельзя рассматривать лишь с позиции оптимизации затрат. Это комплексный вопрос, охватывающий права трудящихся, перспективы развития человеческого капитала и структурную трансформацию рынка труда.

Профессиональное образование, призванное готовить кадры для новой роботизированной эпохи, должно эффективно синтезировать инженерные и цифровые компетенции, обращать внимание на менеджерские навыки, умение лидировать и критически мыслить. Необходимо учить студентов ориентироваться в многообразии технологических решений, уметь выбирать оптимальное, основываясь на анализе большого количества данных. Также надо учитывать, что

технологический цикл становится все более коротким: разработки, которые сегодня кажутся передовыми, уже через пару лет могут устареть [Исманалиева, Асанбекова, Абдуллаева, 2022]. Значит, образовательные программы должны учить не только конкретным технологиям, но и универсальным методам адаптации и самообучения, чтобы выпускник оставался профессионально гибким и мог осваивать новшества без фундаментального переобучения каждую пятилетку. При этом важно закладывать базу для развития креативности, ведь работа с роботами и искусственным интеллектом предполагает, что человек будет выступать инициатором изменений, прокладываям новые пути в инновационных процессах.

Если рассмотреть динамику спроса на специалистов, связанных с роботизацией, то можно проследить устойчивый рост во всех регионах мира, где промышленность выходит на новый уровень автоматизации. Крупнейшие мировые компании, особенно из сектора автомобилестроения, микроэлектроники, продуктового ритейла, активно нанимают инженеров, умеющих разрабатывать и модернизировать роботизированные линии, повышать их производительность. Не отстают и средние компании, которые стремятся увеличить свою эффективность. Многие страны создают программы привлечения иностранных специалистов, чтобы компенсировать нехватку собственных кадров. При этом возрастает конкуренция за талантливую молодежь, способную к исследовательской работе, что усиливает миграцию образованных слоев населения и может привести к утечке мозгов из одних регионов в другие [Тайкулакова, 2022]. Поэтому для поддержания баланса необходимо развивать местные образовательные системы, тем самым удерживая перспективных людей на родине.

Наконец, нельзя упускать и экологический аспект. Роботы способны оптимизировать использование ресурсов, снижая непроизводительные потери материала и энергии, что потенциально вносит вклад в повышение экологической устойчивости. Например, четко запрограммированные роботы могут с высокой точностью дозировать материалы, снижая давление на окружающую среду. Однако производство самих роботов тоже требует ресурсов, а энергия для их питания должна поступать из надежных источников. Если она основана на ископаемом топливе, то общий углеродный след возрастает. Кроме того, ликвидация устаревших роботизированных систем вызывает вопросы утилизации электронных компонентов. Сбалансированное решение этих проблем требует комплексного подхода и инноваций не только в сфере робототехники, но и в энергетике, логистике и системах переработки [Романенко, Ходырев, 2022]. Поэтому погоня за повышением промышленной эффективности за счет роботизации должна сопровождаться ответственным отношением к экологической стороне вопроса и сознательным управлением жизненным циклом оборудования.

В итоге роботизация промышленности формирует широкие социально-экономические последствия: от перераспределения трудовых ресурсов и обновления систем образования до вопросов этики, права и глобальной конкуренции. Рынок труда меняется, вызывая потребность в специалистах, способных не просто выполнять инструкции, а разрабатывать и управлять сложными технологическими системами. Профессиональное образование становится ключевым мостом между человеком и новой технологической эпохой, помогая подготовиться к тем вызовам, которые несет с собой стремительное развитие автоматизированных и интеллектуальных решений. Своевременная адаптация учебных программ, внедрение современных методов обучения и активное сотрудничество с бизнесом и научно-исследовательскими центрами способны обеспечить устойчивое развитие и предотвратить социальные конфликты, возникающие при ускоренном вытеснении человеческого труда

машинами. Только при таком комплексном подходе общество сможет воспользоваться всеми преимуществами роботизации, минимизируя негативные последствия и создавая благоприятные условия для профессионального роста каждого человека.

Библиография

1. Пронина Е. И. Образование и рынок труда // Социологические исследования. 2023. № 7. С. 158–161.
2. Горин Е. А. Четвёртая промышленная революция: экономическая форма и социальное содержание // Экономическое возрождение России. 2022. № 1 (71). С. 106–112.
3. Зелимханова Н. З., Гезиханов С. А., Магомадова Э. И. Как образование и профессиональная подготовка влияют на экономику // Вестник Академии знаний. 2021. № 42 (1). С. 153–156.
4. Яковлева Н. Г. Социализация образования в условиях позднего капитализма // Экономическое возрождение России. 2020. № 4 (66). С. 78–89.
5. Исманалиева Ж. А., Асанбекова З. С., Абдуллаева Ж. Д. Профессиональное образование и рынок труда // Бюллетень науки и практики. 2022. Т. 8. № 3. С. 305–310.
6. Романенко И. Б., Ходырев Г. А. Мотивационный кризис в современном профессиональном образовании: историко-эпистемологический анализ // Научное мнение. 2022. № 1–2. С. 10–16.
7. Аракелян А. М. Влияние социально-экономических факторов на процессы профессиональной ориентации и трудоустройства населения // Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. Т. 4. № 3 (139). С. 124–127.
8. Grimov O. Commissioned Educational and Scientific Works as a Freelance Activity: Socio-Economic Aspects // Економічний часопис-XXI. 2020. Т. 186. № 11–12. С. 152–160.
9. Кабанов, В. Л. Обеспечение методической поддержки современного качества дошкольного образования / В. Л. Кабанов, Е. Н. Приступа // Управление образованием: теория и практика. – 2024. – № 3-2. – С. 65-70.
10. Тайкулакова Г. С. Социально-экономический дисбаланс: потребность специалистов в отраслях экономики // Экономическая серия Вестника ЕНУ им. Л. Н. Гумилева. 2022. № 3. С. 124–139.
11. Ячин С. Е., Фецов С. С. Труд общественнозначимый и труд воплощённый: чего не учитывает современная статистика труда и занятости // Вопросы политической экономии. 2023. № 1. С. 42–57.
12. Антохова Е. А. Компенсаторная роль образования в условиях глобальной цифровизации // Обозреватель. 2020. № 4 (363). С. 102–113.
13. Роль тьюторского сопровождения в процессе социокультурной адаптации иностранных студентов в российских вузах / О. И. Башеров, Н. И. Мерзликина, К. В. Тростина, И. А. Синицына // Управление образованием: теория и практика. – 2024. – № 3-1. – С. 57-67.
14. Яковлева Н. Г. Некоторые вопросы трансформации сферы образования и рынка труда, и их государственного регулирования // Уровень жизни населения регионов России. 2020. Т. 16. № 2. С. 76–82.
15. Муллер О. Ю. Профессиональное образование в условиях повышенного спроса на рынке труда // Социальная политика и социальное партнерство. 2021. № 5. С. 372–379.

Robotization of industry and its socio-economic consequences for the labor market and professional education

Fu Zhangyi

Academician of the Royal Society of Arts (RSA),
Postdoctoral Researcher,
Lomonosov Moscow State University,
119991, 1, Leninskiye gory, Moscow, Russian Federation;
e-mail: 59942091@qq.com

Abstract

The article examines the socio-economic consequences of industrial robotization for the labor market and the professional education system. Within the IMRAD structure, the transformation of production processes caused by the implementation of automated systems is analyzed, along with

its impact on the employment structure, the requirements for workers' competencies, and regional imbalances. The "Materials and Methods" section reviews data on the dynamics of replacing low-skilled labor with robotic solutions, and the interconnection with the development of the Internet of Things, big data, and artificial intelligence. It is found that roboticization reduces traditional jobs but creates demand for highly skilled specialists in programming, engineering, and analytics. The "Results" section emphasizes the need to reform educational programs to prepare personnel capable of working with intelligent systems, as well as the risks of social inequality and market monopolization. The "Discussion" section highlights the role of state policy in mitigating the negative effects of automation, including retraining programs, support for small businesses, and the regulation of ethical and legal aspects of human-robot interactions. Particular attention is given to global challenges: the technological gap between countries, environmental consequences, and changes in the global industrial geography. The article substantiates the need for an interdisciplinary approach in education that combines technical skills with soft skills, and underscores the role of international cooperation in reducing the risks of marginalization.

For citation

Fu Zhangyi (2025) Robotizatsiya promyshlennosti i ee sotsial'no-ekonomicheskie posledstviya dlya rynka truda i professional'nogo obrazovaniya [Industrial Robotization and Its Socio-Economic Consequences for Labor Markets and Vocational Education]. *Ekonomika: vchera, segodnya, zavtra* [Economics: Yesterday, Today and Tomorrow], 15 (2A), pp. 398-415.

Keywords

Industrial roboticization, labor market, professional education, socio-economic consequences, production automation.

References

1. Pronina, E. I. (2023). Obrazovanie i rynek truda [Education and labor market]. *Sotsiologicheskie issledovaniya* [Sociological Studies], 7, 158-161.
2. Gorin, E. A. (2022). Chetyortaya promyshlennaya revolyutsiya: ekonomicheskaya forma i sotsialnoe sodержanie [The Fourth Industrial Revolution: Economic form and social content]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii* [Economic Revival of Russia], 1(71), 106-112.
3. Zelimkhanova, N. Z., Gezikhanov, S. A., & Magomadova, E. I. (2021). Kak obrazovanie i professionalnaya podgotovka vliyayut na ekonomiku [How education and vocational training affect the economy]. *Vestnik Akademii znaniy* [Bulletin of the Academy of Knowledge], 42(1), 153-156.
4. Yakovleva, N. G. (2020). Sotsializatsiya obrazovaniya v usloviyakh pozdnego kapitalizma [Socialization of education in late capitalism]. *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii* [Economic Revival of Russia], 4(66), 78-89.
5. Ismanalieva, Zh. A., Asanbekova, Z. S., & Abdullaeva, Zh. D. (2022). Professionalnoe obrazovanie i rynek truda [Vocational education and labor market]. *Byulleten nauki i praktiki* [Bulletin of Science and Practice], 8(3), 305-310.
6. Romanenko, I. B., & Khodyrev, G. A. (2022). Motivatsionnyy krizis v sovremennom professionalnom obrazovanii: istoriko-epistemologicheskiiy analiz [Motivational crisis in modern vocational education: Historical-epistemological analysis]. *Nauchnoe mnenie* [Scientific Opinion], 1-2, 10-16.
7. Arakelyan, A. M. (2023). Vliyanie sotsialno-ekonomicheskikh faktorov na protsessy professionalnoy oriyentatsii i trudoustroystva naseleniya [The influence of socio-economic factors on processes of vocational guidance and employment]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economics and Management: Problems, Solutions], 4(3), 124-127.
8. Grimov, O. (2020). Commissioned Educational and Scientific Works as a Freelance Activity: Socio-Economic Aspects. *Ekonomichnyi chasopys-XXI* [Economy of the 21st Century], 186(11-12), 152-160.
9. Kabanov, V. L., & Pristupa, E. N. (2024). Obespechenie metodicheskoy podderzhki sovremennogo kachestva doskolnogo obrazovaniya [Ensuring methodological support for modern quality of preschool education]. *Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika* [Education Management: Theory and Practice], 3-2, 65-70.

10. Taikulakova, G. S. (2022). Sotsialno-ekonomicheskiy disbalans: potrebnost spetsialistov v otraslyakh ekonomiki [Socio-economic imbalance: The need for specialists in economic sectors]. Ekonomicheskaya seriya Vestnika ENU im. L. N. Gumileva [Economic Series of the L.N. Gumilyov ENU Bulletin], 3, 124-139.
11. Yachin, S. E., & Fetsov, S. S. (2023). Trud obshchestvennoznachimyy i trud voploshchenny: chego ne uchityvaet sovremennaya statistika truda i zanyatosti [Socially significant labor and embodied labor: What modern labor and employment statistics fail to consider]. Voprosy politicheskoy ekonomii [Questions of Political Economy], 1, 42-57.
12. Antyukhova, E. A. (2020). Kompensatornaya rol obrazovaniya v usloviyakh globalnoy tsifrovizatsii [The compensatory role of education in the context of global digitalization]. Obozrevatel [Observer], 4(363), 102-113.
13. Bashirov, O. I., Merzlikina, N. I., Trostina, K. V., & Sinitsyna, I. A. (2024). Rol tyutorskogo soprovozhdeniya v protsesse sotsiokulturnoy adaptatsii inostrannykh studentov v rossiyskikh vuzakh [The role of tutor support in the process of sociocultural adaptation of international students in Russian universities]. Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika [Education Management: Theory and Practice], 3-1, 57-67.
14. Yakovleva, N. G. (2020). Nekotorye voprosy transformatsii sfery obrazovaniya i rynka truda, i ikh gosudarstvennogo regulirovaniya [Some issues of transformation in education and labor market, and their state regulation]. Uroven zhizni naseleniya regionov Rossii [Living Standards of the Population in Russian Regions], 16(2), 76-82.
15. Muller, O. Yu. (2021). Professionalnoe obrazovanie v usloviyakh povyshennogo sprosa na rynke truda [Vocational education in conditions of increased labor market demand]. Sotsialnaya politika i sotsialnoe partnerstvo [Social Policy and Social Partnership], 5, 372-379.