

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

МРНТИ 62.97
УДК: 629.7

[DOI: 10.4411/s00231-019-349](https://doi.org/10.4411/s00231-019-349)

А.Е. Майкенов

*Карагандинский индустриальный университет, г. Темиртау, Казахстан
(E-mail a.maykenov@tttu.edu.kz)*

Роботизация производственных процессов в машиностроении

Статья посвящена анализу современных тенденций в области роботизации производственных процессов в машиностроении. Рассматриваются основные направления внедрения промышленных роботов, включая автоматизацию сборочных линий, обработку материалов и логистику. Описаны преимущества роботизации, такие как повышение производительности, сокращение времени выполнения операций и улучшение качества продукции. Уделено внимание внедрению искусственного интеллекта и машинного обучения в управление роботами для обеспечения их адаптации к изменяющимся условиям производства. Обсуждаются примеры использования коллаборативных роботов (коботов) и их влияние на организацию труда. Сделан акцент на перспективы дальнейшего развития роботизации, включая ее роль в концепции Industry 4.0 и переходе к цифровым фабрикам.

Ключевые слова: роботизация, машиностроение, промышленные роботы, автоматизация, коллаборативные роботы, искусственный интеллект, машинное обучение, производственные процессы, Industry 4.0, цифровые фабрики, автоматизированные системы, инновации, технологии будущего.

Введение

Роботизация производственных процессов в машиностроении является одной из ключевых тенденций современной промышленности, определяющей развитие отрасли в условиях цифровой трансформации. Промышленные роботы стали неотъемлемой частью производственных линий, их применение охватывает широкий спектр задач: от сборки и обработки материалов до логистики и контроля качества. Благодаря внедрению искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения и современных технологий автоматизации, роботы способны не только повышать производительность, но и адаптироваться к изменяющимся условиям производства.

Исследования в этой области активно ведутся учеными по всему миру. Джонатан Крейн (Jonathan Crane) в своих работах выделил ключевые преимущества роботизации, включая экономию ресурсов и улучшение условий труда на производственных предприятиях. Клаус Шваб, автор концепции Industry 4.0, подчеркивает роль роботизации в переходе к цифровым фабрикам, где основой процессов являются киберфизические системы и умные устройства. Штефан Гроссберг (Stephen Grossberg) изучал интеграцию ИИ в управление промышленными роботами, что позволяет повысить их эффективность и надежность. В России важный вклад внесли Виктор А. Потапов и Алексей В. Романов, чьи исследования сосредоточены на использовании коллаборативных роботов для повышения гибкости производства в машиностроении.

На сегодняшний день роботизация успешно внедряется в ряде стран, лидирующих в развитии машиностроительной промышленности. Япония, например, является мировым лидером в производстве и использовании промышленных роботов. Компании, такие как Fanuc, Yaskawa и Kawasaki, создают роботов для различных сфер, от автомобильной промышленности до электроники. Германия, благодаря своей инициативе Industry 4.0, активно интегрирует роботизацию в машиностроительные процессы, фокусируясь на производстве с высокой степенью автоматизации, где ведущими игроками выступают компании KUKA и Siemens. Южная Корея также демонстрирует

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

высокие темпы внедрения роботов, особенно в автомобильной и электронной промышленности, где Hyundai Robotics и Samsung активно применяют роботизированные технологии.

Методы и материалы

Примеры успешного использования роботизации можно увидеть в таких проектах, как автоматизированные сборочные линии Tesla, где роботы выполняют до 90% всех операций, обеспечивая высокую скорость и точность производства электромобилей. В Германии завод BMW активно применяет коллаборативных роботов, работающих в тесной связи с людьми на производственных участках, что повышает безопасность и эффективность процессов. В Китае, где уровень внедрения роботов быстро растет, компании, такие как DJI, используют автоматизацию для массового производства дронов, минимизируя затраты и повышая качество продукции.

Эти примеры подтверждают, что роботизация не только оптимизирует производственные процессы, но и открывает новые горизонты для машиностроения. Использование промышленных роботов способствует улучшению условий труда, повышению производительности и качеству продукции, а также снижению эксплуатационных расходов. В свете этих тенденций изучение и внедрение роботизированных технологий становится приоритетной задачей для развития машиностроения в условиях глобальной конкуренции.

Современный процесс роботизации в машиностроении представляет собой синергетическое сочетание автоматизации, искусственного интеллекта и цифровых технологий. Промышленные роботы интегрируются в различные этапы производственного цикла, начиная с проектирования и заканчивая сборкой и тестированием готовой продукции. Эти системы включают не только традиционных промышленных роботов, но и коллаборативных роботов (коботов), способных работать рядом с людьми.

На этапах проектирования роботизация реализуется через цифровые двойники и симуляции, которые позволяют моделировать производственные процессы с высокой точностью. Производственные линии оснащаются роботами для выполнения однообразных, сложных или опасных задач, таких как сварка, резка, упаковка и транспортировка материалов.

Искусственный интеллект и машинное обучение играют важную роль в оптимизации работы роботов. Эти технологии позволяют анализировать данные в реальном времени, прогнозировать возможные сбои и адаптировать роботов к изменяющимся условиям. Благодаря внедрению облачных платформ процессы становятся более гибкими, что особенно важно для предприятий с распределенными производственными площадками.

Пример современного процесса можно увидеть в автомобильной промышленности. На заводах Tesla роботы выполняют до 90% операций на сборочных линиях, включая установку дверей, сборку аккумуляторов и тестирование деталей. В то же время BMW активно использует коботов для выполнения деликатных операций, таких как установка декоративных элементов. Роботизация также поддерживается концепцией Industry 4.0, которая включает интеграцию сенсоров, интернета вещей (IoT) и больших данных в производственные системы. Это позволяет не только автоматизировать процессы, но и управлять ими дистанционно, минимизируя человеческий фактор и повышая эффективность.

На рисунке 1 представлено распределение современных технологий в роботизации машиностроения. На рисунке представлены доли использования таких технологий, как роботизированные манипуляторы, коллаборативные роботы (коботы), цифровые двойники, искусственный интеллект и аналитика, а также IoT и облачные платформы.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

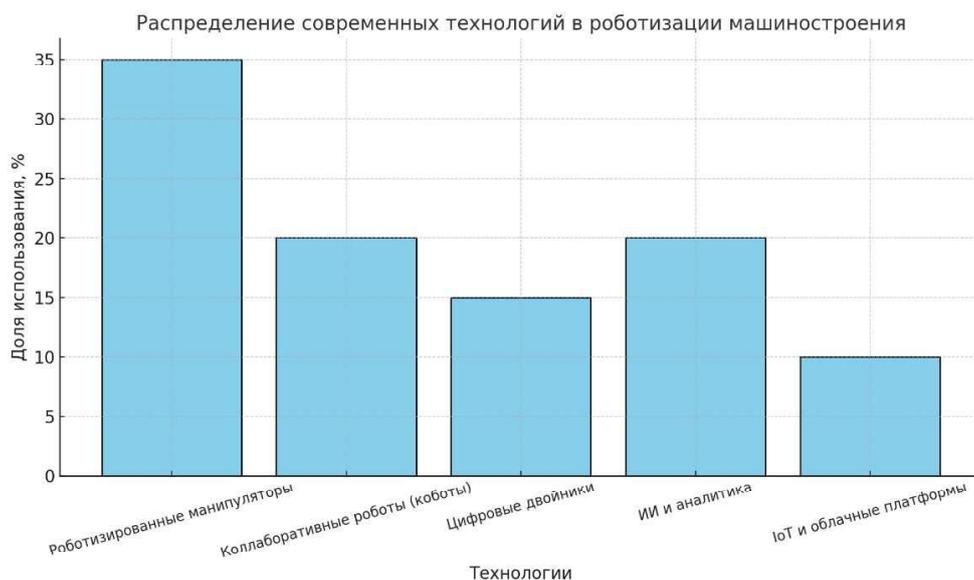


Рисунок 1. Распределение современных технологий в роботизации машиностроения

Данный рисунок позволяет наглядно оценить значимость каждого направления в современном производстве. Несмотря на многочисленные преимущества, роботизация производственных процессов в машиностроении сопряжена с рядом проблем, которые необходимо учитывать:

1. **Высокие первоначальные затраты:** Внедрение роботизированных систем требует значительных инвестиций в оборудование, программное обеспечение и обучение персонала. Для малого и среднего бизнеса это может стать серьезным барьером.

2. **Сложность интеграции:** Совмещение роботизированных систем с существующими производственными линиями и ИТ-инфраструктурой может быть трудоемким и дорогостоящим процессом, особенно на предприятиях с устаревшим оборудованием.

3. **Недостаток квалифицированных кадров:** Управление роботизированными системами, программирование и техническое обслуживание требуют специалистов с высокой квалификацией. Дефицит таких кадров может замедлить внедрение новых технологий.

4. **Проблемы кибербезопасности:** С ростом использования IoT и облачных платформ возрастает риск кибератак, которые могут нарушить производственные процессы или привести к утечке данных.

5. **Сопротивление со стороны сотрудников:** Автоматизация может вызвать опасения среди работников из-за риска потери рабочих мест, что иногда приводит к внутреннему сопротивлению новым технологиям.

6. **Ограничения в гибкости:** Хотя роботы отлично справляются с повторяющимися задачами, их перенастройка для выполнения новых операций может потребовать значительных усилий и времени.

7. **Этические и правовые вопросы:** С развитием роботизации возникают вопросы, связанные с ответственностью за ошибки, совершенные роботами, и правовым регулированием их применения.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

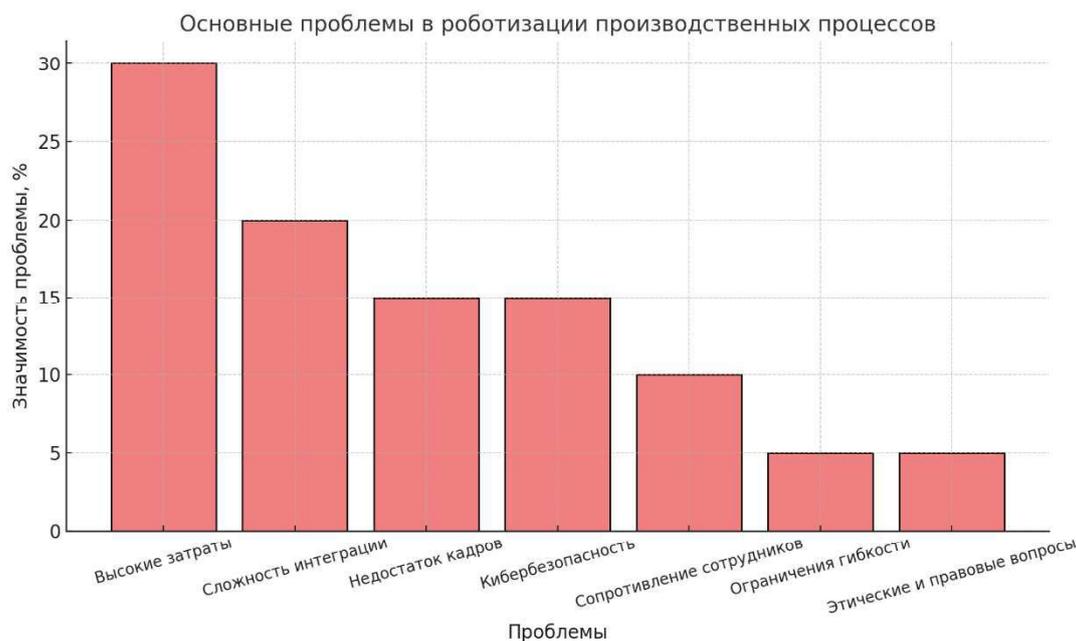


Рисунок 2. Распределение наиболее значимых проблем в роботизации производственных процессов, оцененных по их значимости.

Как мы видим самой острой проблемой остаются высокие затраты на внедрение технологий, за которыми следуют сложности интеграции и дефицит квалифицированных кадров. Эти аспекты требуют особого внимания для успешного внедрения роботизации на предприятиях. Рассмотрим решения для устранения проблем в роботизации производственных процессов

1. Проблема: Высокие первоначальные затраты

Решения:

- Привлечение государственных субсидий и грантов для поддержки роботизации, особенно для малого и среднего бизнеса.
- Внедрение моделей финансирования, таких как аренда оборудования или подписка на использование роботизированных систем («роботы как услуга»).
- Оптимизация этапов внедрения за счет постепенного ввода роботизированных линий.

2. Проблема: Сложность интеграции

Решения:

- Применение модульных систем, которые легче интегрировать в существующие производственные линии.
- Использование специалистов по интеграции, которые помогают адаптировать новые системы под особенности предприятия.
- Инвестиции в программные решения с открытой архитектурой, обеспечивающие совместимость с различным оборудованием.

3. Проблема: Недостаток квалифицированных кадров

Решения:

- Организация обучающих программ и курсов повышения квалификации для сотрудников.
- Внедрение партнерских программ с университетами и учебными центрами для подготовки специалистов по робототехнике.
- Привлечение международных экспертов для проведения тренингов.

4. Проблема: Проблемы кибербезопасности

Решения:

- Интеграция систем защиты данных на уровне программного и аппаратного обеспечения.
- Проведение регулярного аудита кибербезопасности и внедрение протоколов быстрого реагирования на инциденты.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

— Использование шифрования данных и многоуровневой аутентификации в роботизированных системах.

5. Проблема: Сопротивление сотрудников

Решения:

— Проведение обучающих семинаров и тренингов для сотрудников с целью демонстрации преимуществ роботизации для их работы.

— Создание новых рабочих мест, связанных с управлением и обслуживанием роботов.

— Прозрачное информирование о целях автоматизации и ее влиянии на персонал.

6. Проблема: Ограничения в гибкости

Решения:

— Разработка программного обеспечения с возможностью быстрой перенастройки роботов.

— Внедрение адаптивных систем управления, использующих ИИ для обучения новым операциям.

— Создание универсальных платформ для выполнения широкого спектра задач.

7. Проблема: Этические и правовые вопросы

Решения:

— Разработка четких нормативных актов, регулирующих использование роботизированных систем.

— Создание международных стандартов для обеспечения безопасности и ответственности при эксплуатации роботов.

— Организация общественных дискуссий для обсуждения этических аспектов применения роботов.

Эти решения могут стать основой для устранения текущих проблем и способствовать успешному внедрению роботизированных систем в производственные процессы, делая их более эффективными, безопасными и устойчивыми.

Решение каждой проблемы требует комплексного подхода и участия как самих предприятий, так и внешних заинтересованных сторон, таких как государственные органы, образовательные учреждения и технологические компании. Рассмотрим подробнее влияние предложенных решений:

1. Государственные субсидии и финансовая поддержка:

— Предоставление субсидий и налоговых льгот может ускорить внедрение роботизации, особенно для малого и среднего бизнеса. Это уже практикуется в странах, таких как Германия и Южная Корея, где роботизация активно поддерживается государственными программами.

2. Модульные и интеграционные системы:

— Использование модульного подхода в проектировании роботов облегчает их интеграцию с существующим оборудованием. Такие системы могут быть настроены под конкретные задачи без значительных затрат на полную модернизацию производства.

3. Обучение и развитие кадров:

— Программы профессиональной подготовки и переквалификации персонала играют ключевую роль в успешной роботизации. Компании, такие как Siemens и ABB, инвестируют в корпоративные учебные центры, чтобы готовить специалистов для работы с роботами.

4. Кибербезопасность и протоколы защиты данных:

— Внедрение надежных систем шифрования и защиты данных необходимо для предотвращения кибератак. Создание международных стандартов по кибербезопасности может стать важным шагом для глобальной индустрии роботизации.

5. Социальное принятие автоматизации:

— Сотрудники должны видеть не только риски, но и выгоды от внедрения роботов. Например, сокращение рутинных задач и повышение безопасности труда. Важны открытые коммуникации и предоставление возможностей для обучения новым навыкам.

6. Адаптивные технологии:

— Использование искусственного интеллекта позволяет роботам адаптироваться к изменениям на производстве. Например, на заводах Tesla ИИ помогает роботам анализировать эффективность работы в реальном времени и корректировать свои действия.

7. Регулирование и стандарты:

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

— Создание четких нормативных актов помогает урегулировать вопросы ответственности, связанные с использованием роботов. Такие законы активно разрабатываются в Европейском Союзе.

Эффективное внедрение этих решений требует тесного взаимодействия между всеми участниками процесса. Технологические компании должны предлагать адаптивные и экономически выгодные решения, государства — создавать благоприятные условия для внедрения технологий, а предприятия — активно обучать персонал и интегрировать новые системы в свои процессы.

Результаты и обсуждение

Роботизация производственных процессов в машиностроении является ключевым направлением развития отрасли в условиях цифровой трансформации. Внедрение промышленных и коллаборативных роботов, использование искусственного интеллекта, машинного обучения и облачных технологий открывают новые горизонты для повышения производительности, снижения издержек и улучшения качества продукции.

Современные роботы не только выполняют сложные и рутинные задачи, но и становятся адаптивными, интегрируясь в концепцию Industry 4.0, где производственные процессы основаны на взаимодействии киберфизических систем и интернета вещей. Это позволяет предприятиям достигать высокой степени автоматизации и гибкости, необходимой для удовлетворения изменяющихся требований рынка.

Тем не менее, процесс роботизации сопряжен с рядом вызовов, таких как высокие затраты, дефицит квалифицированных кадров, киберугрозы и социальные аспекты. Решение этих проблем возможно через государственную поддержку, развитие образовательных программ, создание международных стандартов и использование передовых технологий, таких как модульные системы и ИИ.

Выводы

Успешные примеры из таких стран, как Япония, Германия, Южная Корея и США, демонстрируют, что грамотное внедрение роботизации приносит значительные преимущества. Компании, такие как Tesla, BMW и DJI, показывают, как роботы могут стать основой для повышения конкурентоспособности и устойчивого развития в глобальной экономике.

Таким образом, роботизация производственных процессов в машиностроении представляет собой не только технологический, но и стратегический шаг, определяющий будущее отрасли. Инвестиции в эти технологии сегодня станут залогом успешного функционирования предприятий в условиях высококонкурентной среды завтра.

Список литературы

- 1 Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.
- 2 Crane, J. (2019). «Industrial Robotics: Trends and Future Directions» International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 102(3-4), 515–530.
- 3 Grossberg, S. (2021). «Artificial Intelligence in Robotics: Bridging the Gap between Automation and Adaptation» Journal of Robotics and AI, 45(2), 123–140.
- 4 Tesla Motors (2023). «Automation in Tesla Factories: How Robots Revolutionize Production» Retrieved from www.tesla.com.
- 5 Fanuc Corporation (2022). Innovations in Industrial Robotics. Fanuc Technical Reports.
- 6 KUKA AG (2021). «Collaborative Robots: Enhancing Safety and Efficiency» KUKA Robotics Journal, 15(4), 23–35.
- 7 Siemens AG (2023). Digitalization and Industry 4.0: Transforming Manufacturing Processes. Siemens White Papers.
- 8 Hyundai Robotics (2022). «Advanced Robotics in Automotive Manufacturing» Hyundai Robotics Reports.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

9 European Union (2020). «Ethical Guidelines for the Use of Robotics and AI» Retrieved from www.europa.eu.

10ABB Group (2022). «Training and Development in Robotic Systems» ABB Reports on Workforce Transformation.

11International Federation of Robotics (2021). World Robotics Report: Industrial Robots. Retrieved from www.ifr.org.

12Dassault Systèmes (2022). 3DEXPERIENCE and Robotics Integration. Dassault Technical Reports.

13BMW Group (2023). «Collaborative Robotics at BMW: A Case Study» BMW Manufacturing Insights.

14DJI Innovations (2021). «Automated Production of Drones: Challenges and Achievements» DJI Technical Reviews.

15Yaskawa Electric Corporation (2022). Advanced Robotic Systems in Manufacturing. Yaskawa Publications.

А.Е. Майкенов

Машина жасаудағы өндірістік процестерді роботтандыру

Мақала машина жасаудағы өндірістік процестерді роботтандыру саласындағы қазіргі тенденцияларды талдауға арналған. Құрастыру желілерін автоматтандыруды, материалдарды өндеуді және логистиканы қоса алғанда, өнеркәсіптік роботтарды енгізудің негізгі бағыттары қарастырылады. Өнімділікті арттыру, жұмыс уақытын қысқарту және өнім сапасын жақсарту сияқты роботтандырудың артықшылықтары сипатталған. Роботтарды басқаруда олардың өзгермелі өндіріс жағдайларына бейімделуін қамтамасыз ету үшін жасанды интеллект пен машиналық оқытуды енгізуге назар аударылды. Бірлескен роботтарды (роботтарды) пайдалану мысалдары және олардың еңбекті ұйымдастыруға әсері талқыланады. Роботтандыруды одан әрі дамыту перспективаларына, оның Industry 4.0 тұжырымдамасындағы және цифрлық зауыттарға көшудегі рөліне баса назар аударылды.

Түйін сөздер: роботтандыру, машина жасау, өнеркәсіптік роботтар, автоматтандыру, бірлескен роботтар, жасанды интеллект, Машиналық оқыту, өндірістік процестер, Industry 4.0, цифрлық фабрикалар, автоматтандырылған жүйелер, инновациялар, болашақ технологиялар.

А.Е. Maykenov

Robotization of production processes in mechanical engineering

The article analyzes current trends in the field of industrial process robotization in mechanical engineering. The main directions of industrial robot implementation are considered, including assembly line automation, material processing, and logistics. The advantages of robotization, such as increased productivity, reduced operation time, and improved product quality, are described. Particular attention is paid to the integration of artificial intelligence and machine learning in robot control to ensure their adaptation to changing production conditions. Examples of collaborative robots (cobots) and their impact on labor organization are discussed. Emphasis is placed on the prospects for further development of robotization, including its role in the Industry 4.0 concept and the transition to digital factories.

Keywords: robotization, mechanical engineering, industrial robots, automation, collaborative robots, artificial intelligence, machine learning, production processes, Industry 4.0, digital factories, automated systems, innovation, future technologies.

Раздел 2. «Машиностроение, технологические машины и транспорт, строительство»

References

- 1 Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum.
- 2 Crane, J. (2019). «Industrial Robotics: Trends and Future Directions» International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 102(3-4), 515–530.
- 3 Grossberg, S. (2021). «Artificial Intelligence in Robotics: Bridging the Gap between Automation and Adaptation» Journal of Robotics and AI, 45(2), 123–140.
- 4 Tesla Motors (2023). «Automation in Tesla Factories: How Robots Revolutionize Production» Retrieved from www.tesla.com.
- 5 Fanuc Corporation (2022). Innovations in Industrial Robotics. Fanuc Technical Reports.
- 6 KUKA AG (2021). «Collaborative Robots: Enhancing Safety and Efficiency» KUKA Robotics Journal, 15(4), 23–35.
- 7 Siemens AG (2023). Digitalization and Industry 4.0: Transforming Manufacturing Processes. Siemens White Papers.
- 8 Hyundai Robotics (2022). «Advanced Robotics in Automotive Manufacturing» Hyundai Robotics Reports.
- 9 European Union (2020). «Ethical Guidelines for the Use of Robotics and AI» Retrieved from www.europa.eu.
- 10 ABB Group (2022). «Training and Development in Robotic Systems» ABB Reports on Workforce Transformation.
- 11 International Federation of Robotics (2021). World Robotics Report: Industrial Robots. Retrieved from www.ifr.org.
- 12 Dassault Systèmes (2022). 3DEXPERIENCE and Robotics Integration. Dassault Technical Reports.
- 13 BMW Group (2023). «Collaborative Robotics at BMW: A Case Study» BMW Manufacturing Insights.
- 14 DJI Innovations (2021). «Automated Production of Drones: Challenges and Achievements» DJI Technical Reviews.
- 15 Yaskawa Electric Corporation (2022). Advanced Robotic Systems in Manufacturing. Yaskawa Publications.