



УДК 004.5:004.8

ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОМЫШЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

П. И. БАЛТРУКОВИЧ,

*доцент кафедры инженерной психологии и эргономики,
к.т.н., доцент*

А. М. ПРУДНИК,

*доцент кафедры инженерной психологии и эргономики,
к.т.н., доцент*

*Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники*

В статье рассмотрены подходы к применению технологий искусственного интеллекта для создания оптимальной производственной среды, включая улучшение условий труда. Особый фокус сделан на использование компьютерного зрения и машинного обучения для мониторинга оборудования, выявления дефектов продукции и прогнозирования отказов, что способствует снижению производственных рисков.

Ключевые слова: искусственный интеллект, производственная среда, условия труда, автоматизация, эффективность производства.

ВВЕДЕНИЕ

Современные производственные системы сталкиваются с рядом вызовов, которые включают усиление конкуренции, необходимость повышения операционной эффективности и адаптацию к быстро меняющимся рыночным условиям. Одновременно с этим рост цен на ресурсы и ужесточение экологических нормативов акцентируют важность оптимизации производственных операций. Усложнение задач обусловлено также тенденциями к персонализации продукции и сокращению технологических циклов, что затрудняет соответствие ожиданиям рынка при сохранении комфортных и безопасных условий труда. Данные обстоятельства побуждают промышленность к внедрению технологий ИИ, способных не только трансформировать производственные процессы, но и минимизировать риски для работников. В этой связи актуальной

становится задача исследования современных подходов к интеграции технологий ИИ в промышленные системы для создания оптимальной производственной среды, обеспечивающей как экономическую эффективность, так и благоприятные условия труда в условиях глобализации экономики.

Исследование направлено на выявление потенциала ИИ для решения производственных задач, повышения безопасности и достижения стратегических преимуществ.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Использование ИИ способствует автоматизации операций, повышению точности и оптимизации управления, позволяя анализировать значительные объемы данных, прогнозировать отказы оборудования и адаптировать производство в реальном времени. Это, в свою очередь, приводит к снижению затрат, уменьшению

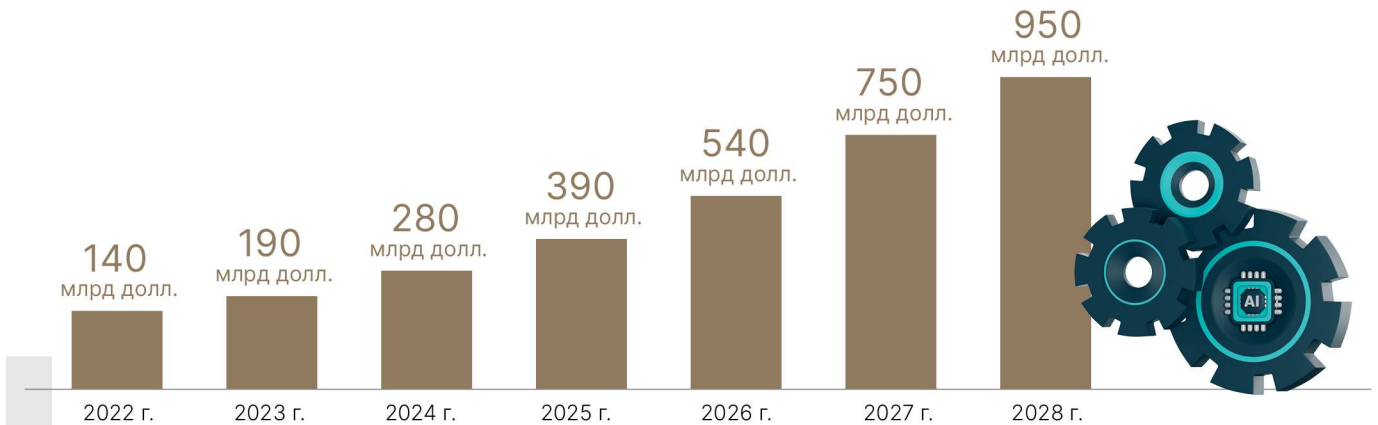


Рисунок 1. Динамика роста общего объема мирового рынка технологий ИИ

объема отходов [1–3], а также способствует улучшению условий труда за счет снижения рутинных и опасных операций.

Кроме того, согласно [4, 5], применение ИИ является важной составной частью в рамках концепции «Индустрии 4.0» и повышает конкурентоспособность предприятий за счет интеллектуальной автоматизации. В этом контексте ключевое значение приобретает парадигма «Индустрии 4.0», которая интегрирует ИИ с киберфизическими системами и «интернетом вещей» (IoT) для формирования умных фабрик. Такие системы отличаются высокой степенью автоматизации,

гибкостью и автономностью, что позволяет промышленности оперативно реагировать на изменения рыночной среды, одновременно снижая нагрузку на персонал. Отмечается [6], что ИИ играет центральную роль в адаптации производственных процессов, взаимодействии человека с техникой и создании более безопасных условий труда, несмотря на сопутствующие сложности внедрения.

В [7] указывается на роль машинного обучения в оптимизации операций и усилении конкурентных преимуществ, в том числе за счет улучшения эргономики рабочих мест. В [8] дополняют, что ИИ



Рисунок 2. Сферы применения технологий ИИ в Российской Федерации

ускоряет удовлетворение потребительских запросов, способствуя сохранению лидерских позиций в условиях глобальных изменений.

На современном этапе развития промышленности ИИ играет важную роль в оптимизации производственной среды, обеспечивая значительные улучшения в эффективности, качестве и гибкости производственных процессов, а также способствуя созданию более комфортных и безопасных условий труда. В условиях глобальной конкуренции и быстро меняющихся рыночных условий внедрение ИИ становится не просто желательным, а необходимым для достижения устойчивого роста, повышения конкурентоспособности и обеспечения высоких стандартов охраны труда.

На мировом уровне общая стоимость рынка технологий на основе ИИ на конец 2023 года превысила 190 млрд долл. США. По прогнозам экспертов, данный рынок будет стремительно расти в ближайшие годы и к 2028 году его стоимость составит 950 млрд долл. США (рис. 1) [9].

Российской компанией «Яков и Партнеры» проведено исследование, в котором определялось сколько компаний в России и в каких сферах используют технологии ИИ. Результаты исследования представлены на рис. 2 [9].

Анализируя сведения, представленные на рис. 2, можно отметить, что в настоящее время наибольшее применение технологии ИИ имеют в таких направлениях, как маркетинг и продажи, клиентский сервис, исследования и разработки. Одновременно следует отметить, что в сфере промышленности технологии ИИ уже применяются на 9% предприятий.

Если же рассмотреть конкретно обрабатывающую промышленность Российской Федерации, то, по сведениям 2023 года, 25,8% организаций использовало ИИ [10]. В то же время по итогам 2024 года общее количество таких предприятий увеличилось до 32%, что показывает перспективность применения технологий ИИ в этой отрасли [11]. Все это может свидетельствовать о наличии растущей заинтересованности предприятий промышленности в применении ИИ, в том числе, в оптимизации производственной среды.

Компьютерное зрение. Среди передовых технологий ИИ, широко применяемых для оптимизации производственной среды, следует отметить компьютерное зрение, которое как одно из направлений ИИ активно применяется для оптимизации производственной среды, обеспечивая высокую точность и скорость обработки визуальной информации. Обобщенная структурная схема компьютерного зрения представлена на рис. 3.

Данная технология основана на алгоритмах машинного обучения и нейронных сетях,

которые способны анализировать изображения и видео в реальном времени, что обуславливает ее незаменимость для автоматизации процессов контроля качества, мониторинга оборудования, управления производственными линиями, а также повышения безопасности труда за счет своевременного выявления потенциально опасных ситуаций.

Авторами данной работы было проведено исследование с применением компьютерного зрения для автоматизации контроля качества офсетной печати. Разработанная система осуществляет сравнение отпечатанных изображений с эталоном в реальном времени, регистрируя отклонения и сигнализируя при обнаружении дефектов. Первоначально использованные методы обработки изображений, такие как сопоставление шаблонов и вычитание гистограмм, показали ограниченную эффективность при детекции малых дефектов, что обусловило необходимость перехода к нейросетевым подходам.

В качестве основной архитектуры выбрана модель YOLOv9, обладающая высокой чувствительностью к мелким объектам и способностью обрабатывать сложные фоны с текстовыми и графическими элементами. Для обучения модели создана размеченная выборка изображений дефектов различных форм и размеров, при этом особое внимание уделялось подготовке данных: изображения делились на мелкие фрагменты с последующей аннотацией, что позволило частично компенсировать дисбаланс классов.

Как показывает практика, одним из ключевых преимуществ компьютерного зрения является его способность выявлять дефекты продукции на ранних этапах производства и проводить мониторинг состояния оборудования. Так, с помощью компьютерного зрения и машинного обучения, например, технологическая система Assisted Defect Recognition выполняет интеллектуальный анализ изображений проверяемых компонентов, автоматически выявляет потенциальные дефекты, а также обучается и повышает точность технологии распознавания, используя данные о приемке или корректировке полученных результатов [12].

Изучение исследований и разработок показывает, что системы на основе компьютерного зрения могут анализировать тысячи единиц продукции в минуту, обнаруживая микротрещины, царапины или отклонения в цвете, которые могут быть незаметны для человеческого глаза. Например, в Волгоградском ГТУ создана методика оценки позиционной точности механизмов с одной и двумя степенями свободы, основанная на использовании компьютерного зрения, которая позволяет проводить работы по периодическому обслуживанию механизмов

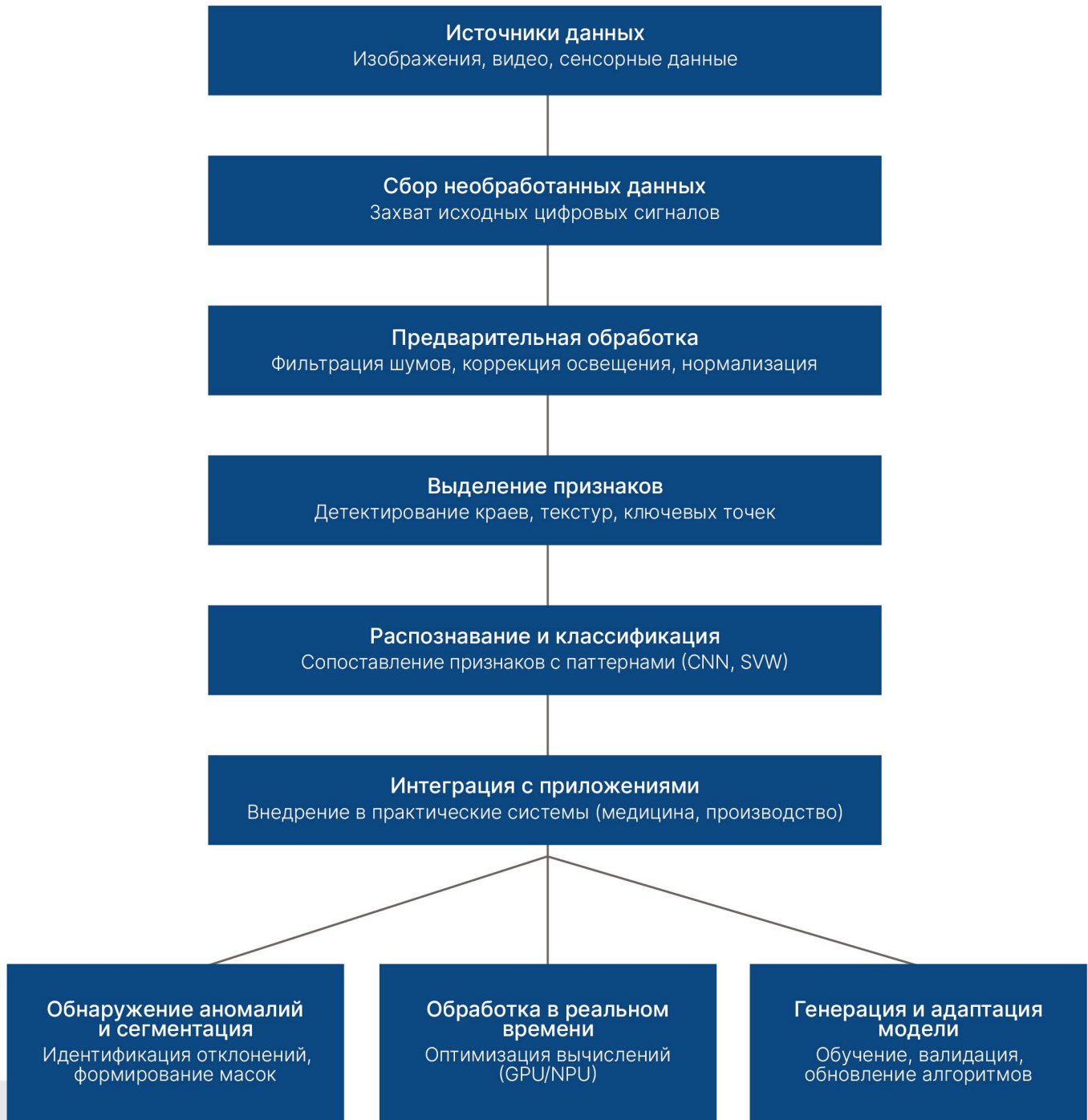


Рисунок 3. Обобщенная структурная схема компьютерного зрения

с одной или двумя поступательными степенями подвижности и оценивать технологические возможности оборудования за достаточно короткое время, а также формировать историю состояния механизма и прогнозировать развитие дефектов устройства [13]. Такие решения не только снижает количество брака, но и минимизируют затраты на переработку и утилизацию некачественных изделий.

Следует иметь в виду еще одну неоспоримую роль применения компьютерного зрения, которой является оптимизация логистических процессов на производстве. Системы могут отслеживать перемещение материалов и готовой продукции, автоматически идентифицируя объекты и направляя их по нужным маршрутам, что особенно полезно на складах, где ручное управление запасами часто приводит к ошибкам и задержкам.

Компьютерное зрение также обеспечивает мониторинг сотрудников на рабочем месте и оповещение в режиме реального времени, позволяя лицам, принимающим решения, вмешаться до того, как предпосылки станут более опасными [14].

Однако при внедрении в производство технологии компьютерного зрения следует обращать внимание на необходимость обучения моделей на больших объемах данных, поскольку качество работы системы напрямую зависит от качества и разнообразия данных, используемых для обучения. Именно поэтому важно учитывать такие факторы, как освещение, угол съемки и скорость движения объектов, чтобы обеспечить высокую точность распознавания, что требует тщательной настройки и постоянного обновления алгоритмов.

Кроме того, существенными для учета являются этические и правовые аспекты, которые также играют не последнюю роль при внедрении компьютерного зрения. Так, использование систем видеонаблюдения для мониторинга сотрудников может вызывать вопросы о конфиденциальности и защите персональных данных. Поэтому необходимо разрабатывать прозрачные политики и обеспечивать соблюдение законодательства.

В целом компьютерное зрение представляет собой удобный инструмент для оптимизации производственной среды, позволяющий автоматизировать сложные визуальные задачи, снизить затраты, повысить точность и скорость процессов, а также улучшить условия труда за счет исключения рутинных и потенциально опасных операций.

Машинное обучение. Эта технология ИИ может активно использоваться для оптимизации производственной среды отдельно от компьютерного зрения, позволяя анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и принимать решения на основе этих данных, а также применяется для повышения эффективности производственных процессов, снижения затрат, минимизации ошибок и улучшения условий труда [3]. Одним из существенных преимуществ машинного обучения является его способность к прогнозированию. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать исторические данные о производственных процессах, оборудовании и спросе на продукцию, чтобы предсказать возможные сбои, спланировать техническое обслуживание и оптимизировать загрузку производственных мощностей [15], что, следовательно, предоставляет возможность значительно снижать простои, увеличивать срок службы оборудования и предотвращать потенциально опасные ситуации для персонала.

Кроме прогнозирования, машинное обучение часто используется для оптимизации управления ресурсами. Алгоритмы предоставляют возможность анализировать данные, в том числе,

о расходе материалов, энергии и времени, предлагая оптимальные требуемые параметры для каждого этапа производства.

Важно учитывать еще один аспект – контроль качества. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные с датчиков и камер, выявляя отклонения в параметрах продукции или процессах, что позволяет обнаруживать дефекты на ранних этапах, снижая количество брака и улучшая общее качество выпускаемой продукции. Так, например, в автомобильной промышленности машинное обучение используется для анализа сварных швов и покраски, обеспечивая высокую точность и соответствие стандартам. А компания «Роснефть» активно внедряет машинное обучение в бурении, повышая эффективность операций и обеспечивая автоматическую корректировку процессов на 97% буровых установок [15]. Кроме того, при разработке цифровых двойников (виртуальных копий) инструмента широко практикуется разработка нейросетевых моделей на основе методов машинного обучения. Их построение с использованием статистических зависимостей позволяет проводить как симуляцию, так и в целом оценку текущего состояния режущего инструмента [16].

Однако следует иметь в виду, что внедрение машинного обучения в производственную среду требует тщательной подготовки, поскольку работа алгоритмов напрямую зависит от качества и объема данных, используемых для обучения. Если таких данных недостаточно или они нерепрезентативны, то это может привести к некорректным прогнозам и решениям. Кроме того, важно учитывать такие аспекты, как интерпретируемость моделей, чтобы сотрудники могли понимать и доверять результатам работы алгоритмов. При этом следует помнить о необходимости обеспечивать кибербезопасность, поскольку системы машинного обучения часто интегрируются с облачными сервисами и IoT-устройствами. В целом, машинное обучение представляет собой инструмент для оптимизации производственной среды, позволяющий автоматизировать сложные процессы, повысить точность и эффективность, а также снизить затраты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ применения технологий ИИ демонстрирует значительный потенциал для оптимизации производственной среды. Эти технологии позволяют автоматизировать сложные процессы, повысить точность и скорость выполнения задач, снизить затраты на производство и улучшить условия труда персонала. Таким образом, современные технологии становятся неотъемлемой частью четвертой промышленной революции, обеспечивая переход к более гибким, эффективным, устойчивым и безопасным производственным системам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алборова, В. В. Искусственный интеллект: автоматизация процессов и интеллектуальные системы управления производством / В. В. Алборова, Ю. В. Перевозчикова, С. В. Пальмов // Индустриальная экономика. – 2024. – № S1, С. 39–43.
2. Сопина, Н. В. Перспективы внедрения нейросетей и искусственного интеллекта на промышленном производстве / Н. В. Сопина, С.-А. Р. Маккаева // Journal of Monetary Economics. – 2023, № 3. – Р. 222–227.
3. Афанасьев, В. И. Интеграция искусственного интеллекта в современных отраслях экономики: актуальная практика / В. И. Афанасьев // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 5, № 5. – С. 50–60.
4. Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial artificial intelligence for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 18, 20–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>
5. Tava, L. O. Industry 4.0: opportunities and challenges for operations management / T. L. Olsen, B. Tomlin // *Manufacturing & service operations management* / – 2020. – Vol. 22, No. 1. – Р. 113–122.
6. Olsen, T. L., & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 113–122. <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0796>
7. Wuest, T., Weimer, D., Irgens, C., & Thoben, K.-D. (2016). Machine learning in manufacturing: Advantages, challenges, and applications. *Production & Manufacturing Research*, 4(1), 23–45. <https://doi.org/10.1080/21693277.2016.1198252>
8. Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2017). The business of artificial intelligence. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2017/07/the-business-of-artificial-intelligence>
9. Искусственный интеллект и его значение для развития технологического потенциала предприятия / М. А. Меньшикова [и др.] // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 11, ч. 3. – С. 389–399.
10. Индекс готовности приоритетных отраслей экономики Российской Федерации к внедрению искусственного интеллекта. Аналитический доклад. – М.: Национальный центр развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации. – 2023. – IV + 68 с.
11. Индекс готовности приоритетных отраслей экономики Российской Федерации к внедрению искусственного интеллекта. Аналитический доклад. – М.: Национальный центр развития искусственного интеллекта при Правительстве Российской Федерации. – 2024. – IV + 85 с.
12. Силкина, Г. Ю. Искусственный интеллект в моделях функционирования и инновационного развития промышленных предприятий / Силкина Г. Ю., Шевченко С. Ю. // Стратегическое управление развитием цифровой экономики на основе умных технологий; под ред. А. В. Бабкина. ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. – Санкт-Петербург, 2021. – § 4.3. – С. 459–501.
13. Азарян, Д. К. Разработка и апробация методики оценки позиционной точности механизмов с одной и двумя степенями свободы с использованием компьютерного зрения / Д. К. Азарян [и др.] // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2021. – Т. 22. – № 3. – С. 99–101.
14. Почему следующей переломной ИИ-технологией в производстве станет компьютерное зрение. – URL: <https://www.itweek.ru/industrial/article/detail.php?ID=232066> (дата доступа: 23.04.2025).
15. Чекулаев, В. О. Будущее добывающей промышленности: роль искусственного интеллекта / В. О. Чекулаев // Бизнес-образование в экономике знаний. – 2024. – № 1. – С. 139–143.
16. Кабалдин, Ю. Г. Нейронно-сетевое моделирование процесса изнашивания твёрдосплавного инструмента / Ю. Г. Кабалдин [и др.] // Автоматизация. Современные технологии. – 2021. – Т. 75. – № 9. – С. 398–402.

The article discusses approaches to the use of artificial intelligence technologies to create an optimal production environment, including improving working conditions. Particular emphasis is placed on the use of computer vision and machine learning to monitor equipment, identify product defects and predict failures, which helps reduce production risks.

Keywords: artificial intelligence, production environment, working conditions, automation, production efficiency.

Статья поступила в редакцию 28.05.2025.