

НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НАУКОЕМКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Будкин Ю.В., д-р техн. наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), советник генерального директора ФГБУ «Институт стандартизации»

Анисимов Н.Р., канд. физ-мат. наук, главный специалист отдела цифровых промышленных технологий, информационной инфраструктуры и безопасности ФГБУ «Институт стандартизации»

Проведено исследование технологий искусственного интеллекта (ИИ) в наукоемком машиностроении, применяющих стандарты в области информационных технологий. Определена основная методологическая задача применения ИИ в машиностроении, направленная на подготовку специальных наборов исходных данных и непосредственно увязанная с задачей обработки данных в конкретном технологическом процессе. Обоснованы пять критериев, составляющих предметную область применения ИИ в машиностроении. На основе исследований представлены девять направлений применения ИИ в машиностроении применяемых на стадиях жизненного цикла изделия от проектирования узлов и элементов конструкции до технического обслуживания машин и оборудования. Варианты использования ИИ должны быть интегрированы с технологическими и информационными процессами предприятия. Конкретные вопросы, связанные с использованием ИИ, целесообразно учитывать при проектировании технологических процессов, информационных систем.

Ключевые слова: искусственный интеллект, информационные технологии, стандартизация, машиностроение.

ВВЕДЕНИЕ

Искусственный интеллект (ИИ) все шире применяется в машиностроении, использующим информационные технологии, и ожидается, что он станет одним из основных факторов развития и внедрения наукоемких технических решений. Искусственный интеллект потенциально вызывает особые условия при использовании в машиностроении, такие как:

- использование искусственного интеллекта для автоматического принятия решений, иногда непрозрачным и необъяснимым способом, может потребовать специального управления, выходящего за рамки управления классическими ИТ-системами.
- использование анализа данных, инсайта и машинного обучения, а не логики, закодированной человеком, для проектирования систем, как расширяет возможности применения систем искусственного интеллекта, так и изменяет способ разработки, обоснования и развертывания таких систем.
- системы искусственного интеллекта, осуществляющие непрерывное обучение, изменяют свое поведение во время использования. Они требуют особого внима-

ния для обеспечения продолжения их ответственного использования при изменении поведения.

Определенные характеристики ИИ, такие как способность к постоянному обучению и совершенствованию, или отсутствие прозрачности (объяснимости), могут влиять на выбор мер безопасности, если они вызывают дополнительные опасения по сравнению с принятыми ранее способами решения технологической задачи.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – обобщить и сформировать основные направления использования ИИ в наукоемком машиностроении, создающие предпосылки для разработки комплексной стандартизации технических решений в сфере информационных технологий.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Определить особенности технологий ИИ в машиностроении.
2. Исследовать наиболее перспективные и быстро развивающиеся технологии ИИ в наукоемком машиностроении.

3. Разработать предложения по стандартизации ИИ в машиностроении.
4. В статье применяются термины и определения, соответствующие ГОСТ Р 59277–2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта».

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первым шагом, предпринятым для сбора вариантов использования, было определение областей применения систем ИИ [1–3].

Для улучшения качества вариантов использования были идентифицированы источники информации и характеристики ИИ для подготовки вариантов использования.

Варианты использования были сгруппированы и категоризированы в соответствии с выявленными областями применения [4–7]. Варианты использования обобщены и сгруппированы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установлены основные особенности применения ИИ в машиностроении:

- неполная интерпретируемость алгоритмов ИИ, состоящая в принятии решения о правильности или неправильности технологических операций на основании критериев, истинность которых подтверждена;
- высокая зависимость корректности работы системы ИИ от качества подготовки набора данных вследствие смещения характера распределения значений существенных факторов в реальных условиях эксплуатации, что приводит к некорректной работе системы;
- возможность дообучения и расширения спектра прикладных задач, решаемых системами ИИ за счет дополнительных примеров решения прикладных задач в новых условиях, не предусмотренных исходными обучающими НД;
- неопределенность социальной приемлемости процессов создания и применения технологий ИИ вследствие переноса ответственности за некорректные действия по обработке данных с человека-оператора на других субъектов права;
- необходимость сравнения характеристик качества используемых алгоритмов ИИ и функциональных возможностей человека.

Особенности технологии ИИ целесообразно учитывать в разработке систем ИИ, обеспечивающие их эффективное применение, в частности обеспечение защиты специалистов и машиностроительное предприятие от деструктивных информационных воздействий.

ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Наиболее перспективные и быстро развивающиеся технологии ИИ в машиностроении:

1. Прогнозное техническое обслуживание.
2. Проектирования узлов и элементов конструкций.
3. Контроль качества.
4. Управление жизненным циклом продукции.
5. Автономные системы.
6. Имитационное моделирование.
7. Прогнозное моделирование.
8. Роботизированное управление.
9. Оптимизация цепочки поставок.

Эти технологии уже становятся одними из прорывных средств создания изделий машиностроительного наукоемкого комплекса, формирования цифрового облика, а также оптимизации процессов производства и конфигурации изделия на всех этапах жизненного цикла.

Порядок, в котором представлены варианты применения технологий ИИ в машиностроении, не отражает их важности и не подразумевает порядок, в котором они реализуются. Пункты списка перечислены только в справочных целях.

ПРЕДИКТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Предполагает использование данных от датчиков механических систем для прогнозирования того, когда потребуется техническое обслуживание или ремонт, до того, как произойдет отказ оборудования. Используя алгоритмы искусственного интеллекта для анализа данных датчиков, инженеры-механики могут предсказывать, когда оборудование может выйти из строя, и заблаговременно планировать техническое обслуживание.

Установлено три основных направлений предиктивного технического обслуживания на основе технологии ИИ:

1. Обслуживание, основанное на техническом состоянии оборудования (машины).
2. Удаленный мониторинг и диагностика оборудования (машины).
3. Прогнозируемое управление запасными частями оборудования (машины).

Методы диагностики неисправностей оборудования на основе данных включают машинное обучение, многомерный статистический анализ, анализ сигналов и методы объединения информации. Это позволяет выполнить техническое обслуживание раньше, чем выход из эксплуатации узлов и элементов конструкции оборудования.

В настоящее время разрабатывается система, использующая машинное обучение для выявления признаков неисправности оборудования, которые трудно обнаружить при визуальном осмотре. Одним из примеров заключается в сборе данных с датчиков 43 отечественных крупных турбин и проведения широкомасштабных проверочных испытаний. Цель состоит в том, чтобы перейти от парадигмы реагирования «по факту износа элементов конструкции» к техническому обслуживанию, предотвращающему проблемы остановки оборудования и обеспечения безопасности.

Хотя диагностика неисправностей отличается высокой точностью и хорошей надежностью, этот метод требует множества параметров для моделирования, а обучение модели занимает много времени.

Одним из способов решения задач заключается в разработке стандарта «Искусственный интеллект в промышленности. Прогнозное техническое обслуживание. Общие положения»

Положения стандарта направлены на снижение к минимуму незапланированные простои и затраты на техническое обслуживание. Используя технологии искусственного интеллекта, изготовители могут оптимизировать графики технического обслуживания, продлить срок службы оборудования и повысить общую эффективность эксплуатации.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УЗЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ

Алгоритмы искусственного интеллекта применены для оптимизации узлов и элементов конструкции путем определения оптимальной комбинации материалов и (или) выбора наиболее эффективной конфигурации изделия.

Установлено три основных направления проектирования на основе технологии ИИ:

- ИИ в инженерном проектировании (computer-aided design, CAD);
- ИИ в расчетах (computer-aided calculations, CAE);
- ИИ в производственных системах (computer-aided manufacturing, CAM).

В инженерном проектировании (CAD) искусственный интеллект направлен на повышение эффективности разработки конструкторской документации, а именно – на сокращение времени, необходимого для разработки изделия и на повышение его качества. Это достигается решением следующих категорий задач:

1. Повышение эффективности интерфейса программы на основе анализа действий пользователя.

2. Автоматизация повторяющихся задач проектирования, таких как создание определенной геометрии или типов изделий.
3. Оптимизация конструкций с целью улучшения их технологичности, унификации, надежности, снижения веса и т.д.
4. Проверка и/или исправление ошибок проектирования.
5. Распознавание и перестроение элементов геометрии 3D-моделей.

В автоматизированных расчетах конечной целью искусственного интеллекта является предоставление более быстрых и точных решений в инженерном анализе. Для этого у ИИ есть две основные категории задач:

1. Оптимизация моделирования.
2. Интеллектуальный анализ результатов моделирования.

В автоматизированном производстве (CAE) ИИ применяется для достаточно широкого круга задач. Среди них: автоматизация создания программ для станков с числовым управлением, оптимизация параметров обработки, анализ производственных цепочек и операций, прогнозирование циклов производства и обслуживания и т.д.

Несмотря на разнообразие способов автоматизации производственных систем (CAM) задачи ИИ можно условно разделить на две крупные категории:

1. Планирование производственных процессов.
2. Управление производственными процессами.

Установлены проблемы применения технологий ИИ для проектирования узлов и элементов конструкций (CAD, CAE, CAM):

1. Увеличение сроков обучения, перегруженный инструментарий приводит к снижению продуктивности даже опытных пользователей.
2. Замедление скорости принятия решений конструктором вследствие погружения в «парадокс выбора», содержащего ограниченное множество технических решений.
3. Постоянное увеличение количества сред проектирования, в которых конструктор видит только ту часть огромного инструментария программы, которая ему требуется в настоящий момент.

Среди задач ИИ в проектировании (CAD) целесообразно выделить:

1. Внедрение адаптивного пользовательского интерфейса.
2. Проверка и исправление ошибок проектирования.
3. Распознавание и перестроение элементов геометрии узлов и элементов конструкции.

Среди задач ИИ в инженерном анализе (CAE) целесообразно выделить:

1. Оптимизация моделирования.
2. Анализ результатов моделирования.

Среди задач ИИ в автоматизированном производстве (CAM) целесообразно выделить:

1. Управление производственными процессами.
2. Планирование производственных процессов.
3. Генеративный дизайн как сочетание всех типов САПР.

Одним из способов решения задач заключается в разработке стандарта «Искусственный интеллект в промышленности. Проектирования узлов и элементов конструкций. Общие положения».

Положения стандарта направлены на управление изменением конфигурации изделия при разработке конструкторской документации. Технологии искусственного интеллекта будут востребованы при проектировании наукоемких изделий машиностроения.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА

Искусственный интеллект может использоваться для анализа данных с датчиков на производственных линиях для выявления дефектов или отклонений от заданных допусков.

Установлено три основных направления контроля качества на основе технологии ИИ:

- идентификация качества технологической системы;
- оценка рисков инженерно – технологического проекта;
- управление ранним предупреждением о рисках качества.

Одним из способов идентификации качества технологической системы является выявление дефектов в изделиях при неразрушающем контроле.

Технологии ИИ позволяют достичь уровень обнаружения критических дефектов близкий к сертифицированным требованиям.

При решении задачи установлены проблемы, среди которых:

- недостаток данных о дефектах по типам дефектов;
- неудовлетворительное изображение дефекта для глубокого обучения из исходных данных изображения.

Алгоритмы искусственного интеллекта применяются для анализа данных о партии изделия на основе машинного обучения и выявления причин низкой производительности в технологической системе.

Область применения технологий ИИ заключается в установлении проблем производительности в технологической системе, приводящих к выпуску некачественной продукции или увеличению времени цикла обработки партии продукции. Это позволяет предоставить специалисту отдела качества информацию для повышения производительности производства с помощью машинного обучения на основе базы данных о технологических операциях.

Актуальной задачей направления технологий ИИ является выявление полезной информации на основе ограниченного набора промышленных данных, также работа с динамикой переменных технологического процесса.

Одним из способов решения задач заключается в разработке стандарта «Искусственный интеллект в промышленности. Контроль качества. Общие положения».

Положения стандарта направлены на использование алгоритмов искусственного интеллекта и вероятностной статистики для анализа большого объема данных, собранных при идентификации риска. Технологии искусственного интеллекта будут востребованы при проектировании наукоемких изделий машиностроения. Принимая во внимание такие факторы, как отчеты о рекламациях, недостоверные данные контроля качества изделия, алгоритмы искусственного интеллекта могут оценить риск инженерно – технологического проекта, а также управлять ранним предупреждением о рисках качества.

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ПРОДУКЦИИ

Искусственный интеллект применяют в управлении жизненным циклом изделия (PLM), позволяя инженерам оптимизировать процессы, улучшать совместную работу и повышать эффективность принятия решений на протяжении всего жизненного цикла изделия.

Установлено три основных направления в управлении жизненным циклом продукции на основе технологии ИИ:

- автоматизированное документирование;
- совместное проектирование;
- системы поддержки принятия решений.

Одна из задач управления жизненным циклом продукции наукоемкого изделия машиностроения заключается в поддержке гибких производственных ресурсов, обеспечивающих быструю реконфигурацию и адаптацию к изменяющимся ситуациям, условиям и требованиям, способствующих оптимальному использованию ресурсов в условиях неопределенности.

Данный вариант использования описывает быструю, а в некоторых случаях полностью автоматизированную пере-

стройку производственного объекта путем изменения, как производственных мощностей, так и производственных возможностей. Данный вариант использования описывает адаптивность отдельного предприятия путем (физического) преобразования и/или адаптации поведения завода и его оборудования, чтобы приспособиться к изменяющимся ситуациям, таким как сбои в работе, изменение качества материалов, выпуск новой продукции и т.д.

Необходимым условием является модульная и тем самым адаптируемая конструкция для производства. В результате, возникает потребность в интеллектуальных и взаимодействующих модулях, которые в принципе могут самостоятельно адаптироваться к измененной конфигурации, а также в стандартизированных интерфейсах между этими модулями.

Одним из способов решения задач заключается в разработке стандарта «Искусственный интеллект в промышленности. Управление жизненным циклом продукции. Общие положения».

Положения стандарта направлены на принятие технологических решений в организации производства, выявление узких мест или неэффективности процесса или предлагать изменения в процессе, сократить время ввода изделия в эксплуатацию.

АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ

Используя технологии искусственного интеллекта, инженеры могут оптимизировать потребление энергии, сократить количество отходов и разработать устойчивые решения.

Установлено три основных направления в применении технологии ИИ в автономных системах машиностроения:

1. Системы энергоменеджмента производственного объекта.
2. Интеллектуальное управление автономными системами.
3. Обеспечение прогнозной аналитики, обнаружения неисправностей и автономного принятия решений.

Системы энергоменеджмента на базе искусственного интеллекта могут анализировать данные с датчиков и счетчиков для оптимизации энергопотребления в зданиях и промышленных объектах. Учитывая такие факторы, как загруженность, погодные условия и эффективность оборудования, эти системы могут регулировать потребление энергии в режиме реального времени, чтобы минимизировать отходы и снизить затраты производственного объекта.

Искусственный интеллект может оптимизировать работу интеллектуальных сетей, анализируя данные из различных источников, таких как электростанции, возобновляемые источники энергии и потребительский спрос. Учиты-

вая такие факторы, как цены на электроэнергию, погодные условия и стабильность сети, алгоритмы искусственного интеллекта могут оптимизировать распределение электроэнергии и сбалансировать спрос и предложение в обеспечении производственных мощностей.

Искусственный интеллект может оптимизировать работу систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха для повышения энергоэффективности производственных площадей.

Анализируя данные датчиков и прогнозы погоды, алгоритмы искусственного интеллекта могут корректировать настройки обеспечения производственных площадей в режиме реального времени для поддержания оптимального комфорта при минимальном потреблении энергии. Эта технология также может выявить возможности для оптимизации оборудования и дать рекомендации по мерам энергосбережения.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Искусственный интеллект трансформирует структурный анализ в машиностроении, позволяя инженерам анализировать сложные системы и оптимизировать конструкции.

Установлено три основных направления в применении технологии ИИ в имитационном моделировании:

1. Анализ методом конечных элементов.
2. Мониторинг состояния конструкций.
3. Оптимизационный выбор материалов.

Используя искусственный интеллект, инженеры могут создавать точные и эффективные модели конечных элементов, сокращая время и усилия, необходимые для анализа.

Мониторинг состояния конструкций предполагает непрерывный мониторинг конструкций для обнаружения и оценки повреждений или износа. Алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать данные датчиков для выявления потенциальных проблем и раннего предупреждения. Используя искусственный интеллект, инженеры могут обнаруживать структурные аномалии, которые могут быть трудно обнаружить традиционными методами.

Искусственный интеллект может оптимизировать выбор материала с учетом различных факторов, таких как физико-механические свойства, стоимость и воздействие на окружающую среду. Анализируя данные, алгоритмы искусственного интеллекта могут идентифицировать материалы, соответствующие конструкторско – технологическим требованиям.

Одна из проблем применения ИИ в машиностроении заключается в вероятности значительного расхождения между

моделью, обучающейся на облачных вычислениях, и моделью, настроенной внутри изделия. Если модель в изделии будет отменена моделью, обучающейся в облаке, то это приведет к значительному изменению параметров технологического режима

Одним из способов решения задач заключается в разработке стандарта «Искусственный интеллект в промышленности. Имитационное моделирование. Общие положения».

Положения стандарта направлены на принятие инновационных решений и расширять границы материаловедения в машиностроении.

ПРОГНОЗНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Наиболее перспективными и быстро развивающимися технологиями ИИ в настоящее время являются технологии на основе глубоких нейронных сетей, а также технологии анализа больших объемов текстовых данных на основе алгоритмов обработки естественного языка. Эти технологии уже становятся одними из прорывных средств создания бортовых систем и изделий машиностроительного комплекса, формирования их облика, а также оптимизации процессов производства и эксплуатации на всех этапах жизненного цикла.

Основные тенденции развития технологий машинного обучения:

- в области компьютерного зрения – переход лидерства от автоматического распознавания объектов к визуальным трансформерам;
- в области анализа текстов на естественном языке – создание и больших языковых и фундаментальных моделей;
- в области обучения с подкреплением – обучение с открытым списком виртуальных сред и целевых задач, а также обучение путем запросов больших языковых моделей для поиска решений;
- в области реалистичной генерации данных – переход лидерства от генеративно-состязательных сетей к диффузным моделям;
- в области универсальных моделей для анализа данных и управления – универсальные агенты, а также кооперативные модели, общающиеся между собой на естественном языке с целью совместного решения задач.

Важным изменением в области подходов к разработке и использованию приложений ИИ является появление новой дисциплины ИИ, названной Prompt Engineering (Промпт-инжиниринг). Промпт-инжиниринг занимается разработкой и оптимизацией запросов для эффективного использования больших языковых моделей в широком спектре приложений. Промпт-инжиниринг используется для повышения прозрачности и безопасности языковых моделей, извлечения и добавления знаний, организации

использования внешних инструментов и взаимодействия больших языковых моделей. Данный подход напоминает логическое программирование, но при этом база знаний здесь формируется автоматически в процессе обучения больших языковых моделей, а определение релевантного способа организации запросов является основным инструментом программирования – как в работе конечных пользователей, так и при создании пользовательских сервисов и приложений.

Одним из способов решения инженерных задач заключается в разработке стандарта «Искусственный интеллект в промышленности. Прогнозное моделирование. Общие положения».

Положения стандарта направлены на развитие тенденции к «большому объединению» всех методов, подходов и задач машинного обучения, а также их объединению с технологиями ИИ на основе формализации знаний и логического вывода. Результатом такого «большого объединения» может стать создание «прозрачного» и «объяснимого» универсального ИИ для решения как задач автономного управления самыми сложными техническими объектами, так и задач интеллектуальной поддержки всего спектра производственных и технологических процессов на предприятиях машиностроительного комплекса.

РОБОТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Искусственный интеллект применяют для управления движениями и действиями роботов, в том числе при производстве или сборке. Например, система искусственного интеллекта может управлять движениями руки робота в производственном процессе или направлять робота при выполнении сборочных работ.

Установлено три основных направления искусственного интеллекта в роботизированном управлении:

1. Управление коллаборативными роботами.
2. Управление автономными роботами.
3. Роботизированная автоматизация процессов.

Коллаборативные роботы (cobot), предназначены для совместной работы с операторами на общем рабочем месте. Эти роботы оснащены алгоритмами искусственного интеллекта, которые позволяют им понимать жесты и команды человека и реагировать на них. В машиностроении роботы могут помогать операторам в таких задачах, как сборка, погрузочно-разгрузочные работы.

В машиностроении автономные роботы могут использоваться для таких задач, как погрузочно-разгрузочные работы, сварка и неразрушающий контроль. Эти роботы оснащены алгоритмами искусственного интеллекта, которые

позволяют им воспринимать окружающую среду, принимать решения и ориентироваться в сложных технологических пространствах.

В машиностроении роботизированная автоматизация процессов используется для автоматизации таких задач, как ввод данных, документация и формирование отчетов.

В машиностроении роботы на базе искусственного интеллекта могут выполнять сложные задачи с точностью и эффективностью, что приводит к повышению производительности и безопасности на производственных площадях предприятия.

Процесс роботизированной сборки часто включает в себя этапы, на которых две детали должны быть подогнаны и соединены друг с другом под действием силы. В идеальном случае идеально сформированные детали могут быть подогнаны и собраны с заданным усилием. Из-за несовершенства этапов производства, дефектов поверхности и других факторов, таких как гибкость деталей, эта процедура может стать сложной и непредсказуемой.

В таких случаях человек-оператор может быть проинструктирован с помощью простых терминов и демонстраций и легко выполнить задачу, в то время как роботизированной системе потребуются очень подробные и обширные программные инструкции для выполнения задачи, включая необходимую адаптацию к технологической среде. Необходимость в столь сложных программных инструкциях делает применение автоматизации обременительным или нерентабельным. Алгоритмы управления, основанные на машинном обучении, в частности на обучении с подкреплением, могут стать альтернативными решениями, повышающими и расширяющими уровень автоматизации производства.

Одним из способов решения инженерных задач заключается в разработке стандарта «Искусственный интеллект в промышленности. Роботизированное управление на производстве. Общие положения».

Положения стандарта направлены на решение сложных задачи с заданной точностью и эффективностью, что приводит к повышению производительности и безопасности на производственных площадях предприятия.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК

Автоматическое распределение производственных заданий по динамическим сетям поставщиков – актуальная задача.

Сеть производственных возможностей и мощностей, выходящих за пределы заводов и промышленных объединений, позволяет быстро адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и заказа. В результате создается в значи-

тельной степени фрагментированная и динамичная сеть цепочки создания стоимости, которая изменяется в зависимости от конкретного заказа и тем самым наилучшим образом использует возможности и существующие производственные мощности.

Цель – автоматическое планирование, распределение и исполнение заказов, максимальная автоматизация всех производственных этапов и мощностей, необходимых для подключения внешних заводов к производственному процессу компании.

Одна из задач применения технологий ИИ в оптимизации цепочки поставок заключается в обеспечении массового производства по индивидуальным заказам в глобальных динамичных цепочках поставок и, соответственно, облегчение производственной нагрузки производства малых партий продукции по индивидуальным заказам.

Искусственный интеллект может использоваться для анализа данных из цепочек поставок с целью выявления узких мест или неэффективности и предложения улучшений, которые могут помочь повысить эффективность цепочки поставок. Например, система искусственного интеллекта может быть способна выявлять узкие места в потоке материалов или продукции или предлагать изменения в маршрутизации или расписании, которые могли бы помочь сократить задержки или повысить эффективность.

Установлено три основных направления искусственного интеллекта в управлении цепочками поставок:

- оптимизированное управление запасами;
- прогнозирование спроса;
- оптимизация маршрутов.

Учитывая такие факторы, как сроки выполнения заказа, изменчивость спроса и затраты на хранение, алгоритмы искусственного интеллекта могут генерировать процесс инвентаризации производства и склада, которая минимизирует затраты, обеспечивая при этом доступность продукции.

Искусственный интеллект может повысить точность прогнозирования спроса, анализируя исторические данные о продажах, тенденции рынка и другие важные факторы.

Используя искусственный интеллект, инженеры могут генерировать более точные прогнозы спроса изготовленных изделий, что позволяет лучше планировать и распределять ресурсы.

Алгоритмы искусственного интеллекта могут оптимизировать логистику, анализируя такие факторы, как транспортные расходы, графики поставок и условия дорожного движения.

Оптимизируя маршрут поставок, предприятие может увеличить эффективность, снизить затраты и повысить конкурентоспособность машиностроительного изделия.

Одним из способов решения инженерных задач заключается в разработке стандарта «Искусственный интеллект в промышленности. Оптимизация цепочки поставок. Общие положения».

Положения стандарта направлены на решение сложных задачи оптимизации в глобальных динамичных цепочках поставок.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ТЕМ РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ ИИ

Темы разработки стандартов в области ИИ представлены на заседании Координационного Совета председателей национальных и межгосударственных технических комитетов по стандартизации в области цифрового развития (КССЦР) от 25 июня 2024 года. Председателем КССЦР является д.т.н., профессор, академик Академии проблем качества Б.М.Позднеев. В состав КССЦР входят председатели 16 национальных технических комитетов. В рамках исполнения программы национальной стандартизации на 2023 год членами КССЦР разработаны первые редакции более 75 стандартов, а в рамках программы национальной стандартизации на 2024 год планируется разработка не менее 80 национальных стандартов в области цифровой промышленности. Члены КССЦР провели экспертную оценку научно-технического уровня тем разработки

стандартов в области ИИ. Члены КССЦР рекомендовали включить девять тем стандартов в области использования ИИ в наукоёмком машиностроении в перспективную программу по стандартизации на 2025–2027 годы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определены особенности применения технологий ИИ в машиностроении. Отмечено, что особенности технологии ИИ целесообразно учитывать в разработке СИИ, обеспечивающие их эффективное применение, в частности обеспечение защиты специалистов и машиностроительное предприятие от деструктивных информационных воздействий.

Исследованы наиболее перспективные и быстро развивающиеся направления ИИ в наукоёмком машиностроении.

Обоснована разработка девяти тем стандартов с учетом особенностей применения ИИ в машиностроении.

Проведена экспертная оценка научно-технического уровня тем разработки девяти стандартов на заседании Координационного Совета председателей национальных и межгосударственных технических комитетов по стандартизации в области цифрового развития от 25 июня 2024 года. Члены КССЦР рекомендовали включить девять тем стандартов в области использования ИИ в наукоёмком машиностроении в перспективную программу по стандартизации на 2025–2027 годы.

Список использованных источников и литературы

1. Будкин Ю.В., Соколов Ю.А., Фролов В.А. // Алгоритмы искусственного интеллекта в естественных и искусственных источниках излучения. Часть 2. Излучение высококонцентрированными источниками нагрева, Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования, № 5 (69), 2022, с 27–34.
2. Будкин Ю.В. // Обеспечение информационных систем и процессов разработки и внедрения наукоёмкой техники межотраслевыми комплексами стандартов. Часть 1. Единая система стандартов автоматизированных систем управления.
3. Бойцов Б.В., Рахманов М.Л., Савельев А.Г., Будкин Ю.В. и др. // Сертификация систем менеджмента качества, учебное пособие, 2023 год, 120 с.
4. GLOBAL QUALITY INFRASTRUCTURE INDEX REPORT 2020. ISSN 2748-4866, <https://gqii.org>
5. OECD Regulatory Enforcement and Inspections Toolkit (Инструментарий ОЭСР по оценке практик государственного регулирования и контроля) <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264303959-en.pdf?expires=1534406713&id=id&accname=oid008831&checksum=FF93382E4E209E3659E69E6D44FFA0A8>
6. The Importance of Monitoring for the Effectiveness of Environmental Directives A Comparison of Monitoring Obligations in European Environmental Directives. May 2014, Utrecht Law Review 10(2):126-135 DOI:10.18352/ulr.273
7. The OECD/DAC Criteria for International Development Evaluations: An Assessment and Ideas for Improvement January 2008, Journal of MultiDisciplinary Evaluation 5(9), DOI:10.56645/jmde.v5i9.167 .License CC BY-NC 4.0

ARTIFICIAL INTELLIGENCE USAGE DIRECTIONS IN HIGH-TECH ENGINEERING

Budkin Yu.V., Doctor of Technical Sciences, Advisor to the Director General of the Russian Standardization Institute, Professor of the Russian University of Transport (MIIT)

Anisimov N.R., Ph.D. in Physics and Mathematics, Chief Specialist of the Department of Digital Industrial Technologies, Information Infrastructure and Security of the Russian Standardization Institute

A study of artificial intelligence (AI) technologies in high-tech mechanical engineering that use information technology standards was conducted. The main methodological task of using AI in mechanical engineering is defined, aimed at preparing special sets of initial data and directly linked to the task of data processing in a specific technological process. Five criteria are substantiated that make up the subject area of AI application in mechanical engineering. Based on the research, nine areas of AI application in mechanical engineering are presented, applied at the stages of the product life cycle from the design of units and structural elements to the maintenance of machines and equipment. AI use cases should be integrated with the enterprise's technological and information processes. Specific issues related to the use of AI should be taken into account when designing technological processes and information systems.

Keywords: artificial intelligence, information technology, standardization, mechanical engineering.

References

1. Budkin Yu.V., Sokolov Yu.A., Frolov V.A. // Algorithms of artificial intelligence in natural and artificial radiation sources. Part 2. Radiation from highly concentrated heating sources, Information and economic aspects of standardization and technical regulation, no. 5 (69), 2022, pp. 27–34.
2. Budkin Yu.V. // Providing information systems and processes for the development and implementation of high-tech technology with inter-industry sets of standards. Part 1. Unified system of standards for automated control systems.
3. Boytsov B.V., Rakhmanov M.L., Savelyev A.G., Budkin Yu.V. etc. // Certification of quality management systems, study guide, 2023, 120 p.
4. GLOBAL QUALITY INFRASTRUCTURE INDEX REPORT 2020. ISSN 2748-4866, [hyyps://gqii.org](https://gqii.org)
5. OECD Regulatory Enforcement and Inspections Toolkit <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/9789264303959-en.pdf?expires=1534406713&id=id&accname=oid008831&checksum=FF93382E4E209E3659E69E6D44FFA0A8>
6. The Importance of Monitoring for the Effectiveness of Environmental Directives A Comparison of Monitoring Obligations in European Environmental Directives. May 2014, Utrecht Law Review 10(2):126-135 DOI:10.18352/ulr.273
7. The OECD/DAC Criteria for International Development Evaluations: An Assessment and Ideas for Improvement January 2008, Journal of MultiDisciplinary Evaluation 5(9), DOI:10.56645/jmde.v5i9.167. License CC BY-NC 4.0