

УДК 62-791.2

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СТАНКОВ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

¹Богатенков С.А., ¹Сазонова Н.С., ²Юсубов Н.Д., ²Аббасова Х.М., ²Дадашов Р.Е.

¹Южно-Уральский государственный университет
Россия, Челябинск, пр. Ленина, 76

²Азербайджанский Технический Университет
AZ1148., г. Баку, пр. Г. Джавида, 25

E-mail: bogatenkovsa@susu.ru, 16Nata@yandex.ru, nizami.yusubov@aztu.edu.az,
abbasova.heyran@aztu.edu.az, dadashov@aztu.edu.az

Xülasə. Rəqəmli proqramla idarə olunan (RPİ) dəzgahlarda yerinə yetirilən əməliyyatların səmərəliliyi süni intellekt (Sİ) üsullarının tətbiqi ilə artırıla bilər. Məqalədə RPİ dəzgahlarında emal prosesləri zamanı Sİ-nin tətbiqinin faydaları haqqında ümumi məlumat verilir. “Ağıllı istehsal” RPİ dəzgahları üçün Sİ ilə maşın öyrənməsi istehsal sisteminin imkanları təsvir edilmişdir. Sİ-nin istifadəsi hissələrin işlənməsi prosesində səhvlərin və qüsurların sayını azaltmağa, avadanlığa texniki xidmət və təmir xərclərini əhəmiyyətli dərəcədə aşağı salmağa imkan verir, istehsal xəttinin avtomatlaşdırılmasına və optimallaşdırılmasına kömək edir, həmçinin işçilərin təhlükəsizliyi və mühafizəsi səviyyəsini artırır.

Аннотация. Эффективность операций, выполняемых на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) может быть увеличена в результате применения методов искусственного интеллекта (ИИ). В статье выполнен обзор преимуществ от внедрения ИИ в процессы обработки на станках с ЧПУ. Описаны возможности производственной системы машинного обучения с искусственным интеллектом для станков с ЧПУ "Умное производство". Применение ИИ позволяет сократить количество ошибок и дефектов в процессе обработки деталей, значительно снизить затраты на обслуживание и ремонт оборудования, способствует автоматизации и оптимизации производственной линии, а также повышает уровень безопасности и защиты персонала.

Abstract. The efficiency of operations performed on machine tools with numerical control (CNC) can be increased as a result of the use of artificial intelligence (AI) methods. The article provides an overview of the benefits of introducing AI into machining processes on CNC machines. The possibilities of a machine learning production system with artificial intelligence for Smart Manufacturing CNC machines are described. The use of AI makes it possible to reduce the number of errors and defects in the processing of parts, significantly reduce the cost of maintenance and repair of equipment, promotes automation and optimization of the production line, and also increases the level of safety and protection of personnel.

Açar sözlər: proqramla idarə olunan dəzgahlar, avtomatlaşdırılmış layihələndirmə sistemləri, kadr səhvlər, rəqəmsal əkizlər, süni intellekt

Ключевые слова: станки с числовым программным управлением, САПР, ошибки персонала, цифровые двойники, искусственный интеллект

Key words: numerical control machines, CAD, personnel errors, digital twins, artificial intelligence

Введение. Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) — это оборудование, в котором высокоточная компьютерная программа управляет движением различных инстру-

ментов и машин. Станки с ЧПУ способны производить объекты любой сложности и обрабатывать любое сырьё: дерево, сталь, алюминий, латунь, медь, титан, стекловолокно, полипропилен и другие [1].

При проектировании операций механической обработки, задачи повышения производительности работы оборудования играют ведущую роль. Эффективным инструментом для решения этих задач является применение систем автоматизированного проектирования (САПР), использующих методы оптимизации [2].

Различные подходы к оптимизации параметров технологического процесса предполагают разработку математических или имитационных моделей, рассчитывающих критерии оптимальности для разных вариантов многопозиционной обработки. Одни авторы решают эту проблему путем разработки многоцелевой модели оптимизации параметров резания при многопроходной токарной обработке на станках с ЧПУ [3]. Другие предлагают ограниченную многокритериальную оптимизацию параметров процесса токарной обработки с помощью генетического алгоритма и методов оптимизации роя частиц [4, 5]. Также применяются методы измерения и оптимизации точности для многошпиндельных станков [6].

Базой для проектирования оптимальной структуры наладки является современная теория точности многоинструментной многосуппортной обработки, принципы и методология прогнозирования точности которой заложены А.А. Кошиным [7, 8].

Применение САПР ТП позволяет проектировать операции по критерию производительности [2]. Однако при этом предъявляются повышенные требования к уровню квалификации персонала, так как, с одной стороны он должен знать особенности операций, с другой стороны, должен быть квалифицированным пользователем САПР ТП.

Для минимизации рисков целесообразно применять методы искусственного интеллекта (ИИ) [9] и технологии цифровых двойников [10]. Вопросы применения ИИ для автоматизированного проектирования многоинструментных операций рассмотрены в [11].

Преимущества внедрения ИИ в процессы обработки на станках с ЧПУ. Внедрение ИИ в процессы быстрой точной обработки с ЧПУ открывает множество преимуществ [12].

Повышенная эффективность. Интеграция ИИ позволяет производителям использовать обширные базы данных, содержащие информацию о физических характеристиках материалов, производственных данных и т.д. Эти данные помогают операторам станков задавать оптимальные параметры, такие как скорость инструмента, подача и траектория, что повышает эффективность без ущерба для точности. Обработка с ЧПУ, управляемая ИИ, особенно полезна для сложных задач, требующих высокой адаптивности и индивидуального подхода.

Улучшенный контроль качества и инспекция. Прецизионная обработка обычно используется для изготовления деталей с высокой степенью точности, где допуски измеряются в микронах. Станки с ЧПУ, оснащённые ИИ, используют алгоритмы машинного обучения для выявления мельчайших отклонений, которые могут остаться незамеченными. Иногда ИИ компенсирует ошибки, минимизирует отходы. Такая точность особенно важна в автомобильной, медицинской и аэрокосмической отраслях, где даже малейший дефект может привести к отзыву продукции.

Предиктивное обслуживание. Традиционно техническое обслуживание проводится на реактивных (по мере поломки) или временных графиках, что иногда приводит к неожиданным простоям. ИИ меняет эту ситуацию, анализируя данные с сенсоров на станках и прогнозируя вероятность отказа компонентов. Это позволяет операторам принимать меры заранее, минимизировать простои и продлевать срок службы дорогостоящего оборудования.

Повышенная гибкость. Раньше операторы тратили много времени на адаптацию программ обработки к новым материалам, конструкциям или требованиям инженеров. Благодаря ИИ этот процесс стал значительно быстрее. Алгоритмы ИИ позволяют системам с ЧПУ автоматически подстраиваться под новые задачи, делая процесс более гибким.

Снижение эксплуатационных затрат. Хотя обработка с ЧПУ уже более экономична, чем традиционные методы, её стоимость всё же может быть высокой. Однако ИИ снижает затраты благодаря повышению эффективности процессов, снижению количества ошибок и отходов.

Интеграция в интеллектуальную цепочку поставок. Влияние ИИ на точную обработку с ЧПУ выходит за рамки самого процесса. Системы ИИ помогают точнее прогнозировать спрос, оптимизировать уровни запасов и логистику. Это позволяет производителям соблюдать сроки и повышать общую эффективность процессов.

Современная промышленность становится все более автоматизированной и эффективной благодаря использованию передовых технологий. В этом контексте системы машинного обучения с искусственным интеллектом занимают особое место, предоставляя новые возможности для станков с ЧПУ.

Производственная система машинного обучения с искусственным интеллектом для станков с ЧПУ "Умное производство". Применение производственной системы машинного обучения с искусственным интеллектом для станков с ЧПУ "Умное производство" улучшает производительность, качество и точность этих устройств. Благодаря алгоритмам машинного обучения, станки могут автоматизировать процессы, которые ранее требовали наличие оператора. Системы машинного обучения способны анализировать данные и принимать решения на основе полученных результатов, что позволяет снизить количество ошибок и улучшить общую эффективность работы станков с ЧПУ [13].

Одним из ключевых аспектов, который делает систему машинного обучения с искусственным интеллектом более эффективной, является использование дополнительных датчиков на станках с ЧПУ. Эти датчики позволяют собирать дополнительную информацию о процессе обработки материалов на станке, что ведет к повышению точности и надежности работы системы машинного обучения.

Одним из примеров применения дополнительных датчиков на станках с ЧПУ является контроль за температурой исполнительных элементов станка и зоны резания. Другой пример применения дополнительных датчиков на станках с ЧПУ - контроль размеров обрабатываемых деталей. Кроме того, применение дополнительных датчиков на станках с ЧПУ позволяет собирать данные о состоянии инструментов обработки.

Важным аспектом применения системы "Умное производство" является возможность улучшения точности обработки материалов. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать данные из различных источников и определять оптимальные параметры обработки для достижения наилучшего качества продукции. Это гарантирует минимальное количество отходов и сокращение времени на выравнивание и отладку станков.

Так же применение системы "Умное производство" является возможностью предсказания неисправностей и проведения профилактических мероприятий. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать данные об использовании станка, определять аномальные паттерны и предлагать решения для предотвращения поломок. Это позволяет значительно снизить расходы на ремонт и обслуживание, а также увеличить доступность и надежность работы оборудования.

Применение производственной системы машинного обучения с искусственным интеллектом для станков с ЧПУ "Умное производство" открывает новые возможности для промышленности. Они позволяют улучшить производительность, качество и надежность работы станков, а также снизить операционные затраты благодаря автоматизации процессов и предвосхищению неисправностей. Развитие систем машинного обучения с искусственным интеллектом в этой области будет способствовать дальнейшей оптимизации производства и повышению эффективности промышленного сектора.

Внедрение системы «Умное производство» имеет многочисленные плюсы и преимущества. Эта инновационная технология способна значительно улучшить эффективность работы и повысить качество производства:

1. Значительно сократить количество ошибок и дефектов в процессе обработки деталей. Прогноз возможных проблем и предотвращать их возникновение вносит большую стабильность в производственный процесс и позволяет избежать потери времени и ресурсов на исправление ошибок.

2. Способствует автоматизации и оптимизации производственной линии. Станки с ЧПУ могут быстро адаптироваться к изменениям в производственном процессе. Это позволяет достичь более высокой точности и скорости обработки деталей, снижая время цикла производства и увеличивая общую производительность.

3. Повышение уровня безопасности и защиты персонала. Способность искусственного интеллекта мгновенно реагировать на возможные опасности и предотвращать аварийные ситуации значительно снижает риск вреда для работников.

4. Позволяет значительно снизить затраты на обслуживание и ремонт оборудования. Прогноз возможных поломок и выявления неполадок на ранних этапах позволяет производить профилактическое обслуживание и своевременно заменять изношенные детали, что особенно важно для станков с ЧПУ.

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Науки Азербайджана-Грант № AEF-MGC-2024-2(50)-16/01/1-M-01

Литература

1. Станки с ЧПУ: виды, преимущества, сферы применения <https://laserstore.ru/blog/stanki-s-chpu-vidy-preimuschestva-sfery-primeneniya>.
2. Bogatenkov, S.A., Sazonova, N.S., Yusubov, N.D., et al. (2022). Decision-making in the conditions of introduction of automated design systems of technological processes. SOCAR Proceedings Special Issue 1 (2022) 006-010, 6-10.
3. Amith Gadagi, Chandrashekar Adake A constrained multi-objective optimization of turning process parameters by genetic algorithm and particle swarm optimization techniques// Materials Today: Proceedings. – 2021. – Vol. 10. – P. 1207—1212
4. Toufik Ameer Multi-objective particle swarm algorithm for the posterior selection of machining parameters in multi-pass turning// Journal of King Saud University - Engineering Sciences Available online. – 2020. – Vol. 8. – Issue 4. — P. 259—265
5. Xiaopin Qin, Shaowei Zhu, Qinghong Gong A Measuring and Optimizing Method of Precision Consistency for Five-axis Multi-spindle Gantry Machine// Procedia CIRP. – 2016. – Vol. 56. — P. 524—527
6. Temchin G.I. Multi-tool setups. Theory and calculation. - M. Mashgiz, 1963. – 543 p.
7. Koshin A.A., Yusubov N.D. Elements of the matrix theory of accuracy of multi-tool machining in spatial settings// Vestnik Mashinostroeniya. - Innovative mechanical engineering - 2013. - № 9. - P. 13-17.
8. Koshin A.A., Sazonova N.S. Tasks and directions of improvement of automated systems of technological processes norming of modern mechanical engineering// Fundamental and applied problems of engineering and technology. - Oryol State University - 2011. - № 4-3. - P. 24-30.
9. Модели и методы искусственного интеллекта: учеб. пособие / Пенькова, Ю. В. Вайнштейн. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2019 – 116 с.
10. Pereverzev P.P. Features of development of the mathematical model of metal removal for the digital twin of the CNC cylindrical grinding process // Bulletin of South Ural State University. Series: Engineering. 2020. T. 20. № 3. P. 72-81.

11. Богатенков, С.А. Искусственный интеллект для автоматизированного проектирования многоинструментных операций / С.А. Богатенков, Н.С. Сазонова, Н.Д. Юсубов //Труды Азербайджанской Государственной морской академии. –2024 № 1. – С.14 –20.
12. Искусственный интеллект и ЧПУ: Революция точности, которая меняет мир производства <https://www.stankoff.ru/blog/post/1504>.
13. Производственная система машинного обучения с ИИ для станков с ЧПУ <https://tenchat.ru/media/2093432-proizvodstvennaya-sistema-mashinnogo-obucheniya-s-ii-dlya-stankov-s-chpu>

Мəqalə qəbul olunub: 21.04.25
Təvsiyə edib: prof. İsmayilov N.Ş.