

Жадра Молдашева – PhD, Х.Досмұхамедов атындағы Атырау университеті «Бағдарламалық инженерия» кафедрасының аға оқытушысы, Атырау, Қазақстан; e-mail: zhadira1985@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0559-3410>.

Жанна Шангитова – PhD, Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті «Бағдарламалық инженерия» кафедрасының аға оқытушысы, Атырау, Қазақстан; e-mail: zhanna.shangitova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7494-5208>.

Алтынай Кишубаева – Торайгыров Университеті докторанты, Қазақстан; e-mail: Altynai_999@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1125-8696>.

Information about the authors

Baktygyl Assanova – PhD, assoc.professor, dean of the Faculty of Physics, Mathematics and Information Technology, Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan; e-mail: baha1981_13@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1029-6266>.

Batyr Orazbayev* – Doctor of Science, Professor of Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; e-mail: batyr_o@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2109-6999>.

Zhadra Moldasheva – PhD, assoc. prof. of Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan; e-mail: zhadira1985@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0559-3410>.

Zhanna Shangitova – PhD, assoc. prof. of Kh. Dosmukhamedov Atyrau University, Atyrau, Kazakhstan; e-mail: zhanna.shangitova@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7494-5208>.

Altynay Kishubayeva – doctoral student Toraigyrov University, Pavlodar, Kazakhstan; e-mail: Altynai_999@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1125-8696>.

Поступила в редакцию 27.06.2025

Поступила после доработки 10.08.2025

Принята к публикации 11.09.2025

[https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-3\(19\)-19](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-3(19)-19)



МРНТИ: 20.01.

К.П. Аман, А.А. Мусина*, Д.Д. Елубаева

¹Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова,
030000, Республика Казахстан, г. Актобе, ул. А. Молдагуловой, 34А

*e-mail: alla.mussina@mail.ru

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СТАНКА РЕЗКИ ОРНАМЕНТОВ НА БАЗЕ МЕХАТРОНИКИ

Аннотация: В статье рассматривается связь теоретических основ мехатроники с современными научно-техническими направлениями, а также практическое применение полученных знаний. Основной целью мехатроники как научно-технической дисциплины является разработка новых функциональных модулей и систем, способных реализовывать двигательные функции в интеллектуальных машинах. В рамках проведённого исследования была разработана и реализована мехатронная система – специализированный станок для резки орнаментов, обладающий высокой точностью, адаптивностью и интеллектуальной системой управления. Устройство ориентировано на выполнение функциональных движений с учётом требований гибкости и миниатюризации. Методологическая основа проекта включает принципы автоматического управления, информатики, механики и микроэлектроники. Представленный станок демонстрирует практическую реализацию роботизированной «триады»: датчик – контроллер – актуатор, и может быть использован как пример междисциплинарной интеграции в современных мехатронных системах. Разработка отличается высокой степенью универсальности и может быть адаптирована под различные технологические задачи, включая создание декоративных элементов, обработку сложных контуров и персонализированных изделий. Это подтверждает актуальность применения мехатроники в малосерийном и индивидуализированном производстве, особенно в условиях цифровой трансформации промышленных процессов. Кроме того, данная работа демонстрирует эффективность интеграции академических исследований и инженерной практики.

Ключевые слова: мехатроника, робототехника, кибернетика, инновация, макро-наносистема, микро-наносистема.

Введение

Мехатроника представляет собой междисциплинарную область науки и техники, которая занимается разработкой и созданием принципиально новых устройств, машин и систем, обладающих интеллектуальным управлением. Она объединяет в себе механические, электронные, электротехнические и компьютерные компоненты, функционирующие на основе синергетического взаимодействия. Именно такая интеграция позволяет добиваться высокой точности и гибкости в управлении функциональными движениями технических объектов [1].

Профессор Ю.В. Подураев в учебном пособии «Мехатроника: основы, методы, применение» подчёркивает, что ранее мехатроника развивалась преимущественно как практическое направление. В современных условиях возрастает потребность в систематизированном теоретическом базисе, обладающем эвристическим потенциалом и позволяющем целенаправленно искать инновационные мехатронные решения. Именно поэтому большое внимание уделяется разработке понятийного аппарата и теоретических основ данной науки [2].

В своей книге «Основы робототехники и мехатроники» профессор, д.т.н. Шоланов Курганбай Сагнаевич предложил визуальное представление взаимосвязей мехатроники с другими научно-техническими направлениями, наглядно демонстрируя её междисциплинарную природу [3].

Азамат Ешмухаметов, специалист в области мехатроники и робототехники, получивший образование в Великобритании и Японии по программе «Болашак», трактует робототехнику шире, чем просто создание роботов. Он рассматривает её как область, охватывающую все компьютерно управляемые устройства и процессы автоматизации, применяемые в производстве.

Профессор И.В. Брейдо в своей статье «Мировой рынок и тенденции развития робототехники» прогнозирует, что среднегодовой рост этого сектора достигнет 10,4% к 2025 году. Основные применения робототехнических систем, в том числе разработанных в Казахстане, охватывают как новые модели, так и модернизированные версии существующих решений. Эти данные подчёркивают необходимость активной подготовки высококвалифицированных кадров в области мехатроники и робототехники для всех отраслей экономики [4].

На сегодняшний день мехатроника оказывает существенное влияние на развитие как промышленной, так и бытовой техносферы. Наряду с такими передовыми направлениями, как информатика, биоинженерия и нанотехнологии, она способствует масштабному внедрению автоматизированных и роботизированных систем во все сферы жизнедеятельности. Её основная цель – создание интеллектуальных технических решений с принципиально новыми функциональными возможностями. Роботы и роботизированные комплексы являются частным примером таких систем.

Современные достижения мехатроники охватывают весь спектр технических масштабов – от макро- до микро- и наносистем. Это обуславливает развитие направлений, таких как микро- и нано-мехатроника, расширяя возможности применения интеллектуальных устройств в медицине, электронике, производстве и других отраслях [5].

Таким образом, становится очевидной необходимость не только практического применения мехатроники, но и глубокого теоретического осмысления её основ. В научной литературе и образовательной практике всё большее внимание уделяется уточнению терминологии, выявлению связей мехатроники с другими дисциплинами, такими как кибернетика, робототехника, авионика, логистика, а также микро- и наносистемная техника. Несмотря на определённые сложности в формализации этих взаимосвязей, формирование единой понятийной базы и включение устоявшихся терминов в нормативные документы является важным шагом на пути систематизации и стандартизации данной области.

Актуальность темы обусловлена быстрым развитием автоматизации и роботизации на глобальном уровне, возрастающим спросом на интеллектуальные системы в промышленности, транспорте, медицине и других сферах. Мехатроника как ключевое направление на стыке технологий становится необходимой основой для подготовки новых поколений инженеров и учёных, способных создавать высокотехнологичные решения для устойчивого развития современного общества.

Методы исследования

В рамках исследования используются методы структурного и функционального моделирования, позволяющие описать мехатронные модули как составные части более сложных робототехнических систем. Такие модули включают информационно-сенсорные, исполнительные и управляющие элементы, которые взаимодействуют через единый программно-аппаратный интерфейс.

Методологически в работе также учитывается концепция системной интеграции, выраженная в использовании графических и математических моделей для описания взаимодействия между блоками «производство» → «управление» → «рыночные требования». Эти модели служат основой для анализа соответствия создаваемых решений текущим технологическим и экономическим вызовам.

Методика исследования включала следующие этапы:

а) формализация технических требований. На этом этапе были определены функциональные и эксплуатационные требования к системе;

б) инженерное проектирование конструкции. На данном этапе был разработан 3D-макет станка;

в) разработка системы управления. Была создана микроконтроллерная система на базе Arduino, интегрированная с датчиками и исполнительными механизмами;

г) программная реализация. На данном этапе было разработано пользовательское программное обеспечение, позволяющее задавать параметры резки, автоматически формировать управляющие сигналы, а также вести мониторинг состояния всех узлов в реальном времени;

д) моделирование и симуляция;

е) экспериментальная верификация.

В качестве основы системы управления лазерным станком был выбран нечеткий регулятор типа fuzzy-PID. Структура fuzzy-PID-регулятора включает три основных блока: блок ввода, который преобразует входные параметры в нечеткие переменные, блок базы правил, выполняющий логический вывод на основе набора лингвистических правил «ЕСЛИ... ТО...» и блок дефаззификации, преобразующий результат обратно в численное значение.

Входными параметрами fuzzy-PID-регулятора являлись: отклонение фактической траектории лазера от заданной линии реза, то есть текущая ошибка позиционирования; скорость изменения этой ошибки, которая показывает, насколько быстро система отклоняется от эталонного пути. На основе этих двух параметров принималось решение о корректировке коэффициентов регулятора и адаптации режима работы станка.

Подбор параметров fuzzy-PID регулятора проводился с использованием комбинированного подхода, то есть первоначально диапазоны коэффициентов были определены в процессе имитационного моделирования, а затем уточнены на основе экспериментальных испытаний на реальном оборудовании. В качестве основных критериев оптимальности использовались минимизация ошибки реза, сокращение времени переходного процесса и снижение процента брака. Такой подход позволил получить параметры, обеспечивающие устойчивую работу системы при резке тканей различной плотности, а также гарантировать стабильность качества обработки без необходимости ручной перенастройки.

Классический PID-регулятор демонстрирует хорошие результаты в условиях стационарных режимов, однако его эффективность резко снижается при работе с материалами различной плотности, где требуется быстрая адаптация к изменяющимся свойствам объекта управления. Использование fuzzy-PID позволило минимизировать колебания и перерегулирование, сократить время переходного процесса, повысить стабильность реза при сложных контурах, обеспечить автоматическую адаптацию без необходимости ручной перенастройки.

Для обоснования эффективности fuzzy-PID был проведен сравнительный анализ с традиционными PID-регуляторами. В модельных и экспериментальных испытаниях сравнивались показатели времени стабилизации, точности реза и доли брака. Результаты показали преимущество fuzzy-PID-регулирования при работе с материалами различной плотности.

Использование fuzzy-PID основано на необходимости адаптации к неопределённости материала, чего не могут обеспечить стандартные регуляторы.

Таким образом, метод исследования основан на совмещении структурного моделирования, имитационных экспериментов и лабораторных испытаний с применением интеллектуального адаптивного управления на основе fuzzy-PID-регулятора.

Применяемые методы охватывают как теоретические, так и прикладные аспекты, позволяя исследовать мехатронные и робототехнические системы в контексте их проектирования, реализации и эксплуатации, с опорой на принципы интеллектуального управления и высокоточной автоматизации [6].

Конструкция и архитектура системы

Разработанный лазерный станок для вырезания казахских национальных орнаментов представляет собой мехатронную систему. Система включает в себя следующие основные компоненты: лазерный резак с регулируемой мощностью, обеспечивающий высокоточную обработку ткани; пневматическую систему подачи и фиксации материала, которая позволяет стабилизировать ткань и исключить её смещение; конвейерный модуль с электроприводом, обеспечивающий непрерывную подачу ткани; микроконтроллерную систему управления, которая основана на Arduino; оптические и индуктивные датчики положения и контроля материала; программное обеспечение, позволяющее оператору задавать параметры резки такие, как тип орнамента, размер, плотность ткани. Функциональная структура устройства позволяет обеспечить точное и согласованное выполнение всех этапов резки.

Алгоритм управления

Алгоритм работы установки построен на логике конечных автоматов. Сначала происходит инициализация системы, то есть проверка связи с сенсорами и приводами и установка исходного положения. Далее происходит загрузка параметров орнамента, через интерфейс задаются форма, масштаб, плотность линий.

На следующем этапе работы происходит автоматическая подача и центрирование ткани с помощью датчиков положения. Далее производится резка орнамента по координатам, полученным из контурного файла в формате DXF/PLT, то есть активируется лазер, который перемещается вдоль заданной траектории. В процессе работы система фиксирует ошибки позиционирования, отклонения по скорости, а также контроль температуры лазерной головки.

На заключительном этапе работы происходит подача следующего участка ткани и все описанные выше шаги повторяются. В основе работы данного алгоритма был использован метод fuzzy-PID-регулирования, это в свою очередь позволило адаптировать мощность лазера в зависимости от плотности ткани, тем самым появилась возможность повысить качество резки.

Результаты исследований

Для объективной оценки эффективности fuzzy-PID регулятора был проведён сравнительный эксперимент с традиционным PID-управлением. Оба метода тестировались в одинаковых условиях: резка орнамента размером 10×10 см на материалах разной плотности.

Результаты сравнительного анализа, приведенного в таблице 1 подтверждают, что использование fuzzy-PID обеспечивает более высокую точность, снижает время переходных процессов и минимизирует вероятность брака. Кроме того, отсутствие необходимости ручной перенастройки делает систему удобной в эксплуатации и более эффективной при работе с материалами разной плотности.

Таблица 1 – Сравнительный анализ традиционного PID и fuzzy-PID-регулятора

Параметр	Традиционный PID	Fuzzy-PID
Среднее время переходного процесса	1.8 с	1.2 с
Среднеквадратичное отклонение от траектории	0.20 мм	0.10 мм
Процент брака при резке	4 %	1%
Необходимость ручной перенастройки	высокая	отсутствует

В результате проведённых исследований авторами был разработан лазерный станок для вырезания казахских орнаментов, который успешно воплощает ключевые принципы современной мехатроники. В результате проведённого анализа выявлено, что развитие мехатроники как научно-технической области напрямую связано с повышением интеллектуального уровня технических систем и автоматизацией производственных процессов. Эти принципы нашли отражение в конструкции и работе лазерного станка для вырезания казахских орнаментов.

Современные требования к мехатронным системам, таким как способность к интеллектуальному управлению, высокая точность выполнения задач, адаптивность к изменяющимся условиям, миниатюризация и интеграция разнородных компонентов, были успешно реализованы в данной установке. Станок функционирует как мехатронное устройство, так как:

- а) позволяет задавать численные параметры и режимы резки с помощью программного обеспечения;
- б) не требует ручной настройки при переходе к различным орнаментам – всё перенастраивается автоматически;
- с) использует сенсорные элементы и системы управления для точной и безопасной работы;
- д) обладает высокой точностью реза, необходимой при создании тонких и сложных этнических узоров;
- е) работает в автоматическом цикле, где конвейерная подача ткани, запуск лазера и контроль выполняются по сигналам от датчиков, а общее управление осуществляется контроллером [7-8].

Таким образом, разработанный авторами лазерный станок является практическим примером применения мехатронных систем, в которых глубоко интегрированы механические, электронные и вычислительные компоненты в единую интеллектуальную систему управления. Это подтверждает актуальность и перспективность дальнейших исследований в области мехатроники для создания высокоточного оборудования художественной обработки материалов (рис. 1).

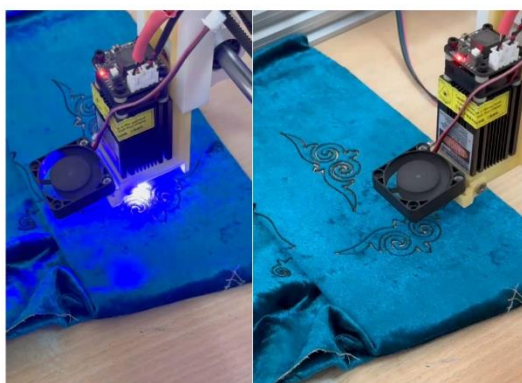


Рисунок 1 – Технологическая линия для упаковки сыпучих материалов

В станке человек осуществляет лишь общее наблюдение и управление процессом. Все операции выполняются автоматически: конвейер с электроприводом перемещает ткань, подача и фиксация материала осуществляется с помощью пневматических механизмов, а запуск резки происходит по сигналам от датчиков. Весь процесс контролируется электронной системой управления (контроллером), которая координирует работу всех компонентов [9]. Таким образом, независимо от типа автоматизированной системы, в её составе всегда присутствуют датчики, приводы и управляющее устройство, обеспечивающие точное и стабильное выполнение орнаментальной резки на ткани.

Обсуждение научных результатов

Результаты проведённых исследований подтверждают высокую актуальность внедрения мехатронных систем в процессы точной художественной обработки материалов. Разработанный авторами лазерный станок для вырезания казахских орнаментов является примером успешного применения принципов мехатроники и автоматизации в декоративно-прикладной сфере. В конструкции станка реализовано интеллектуальное управление на основе сенсорной обратной связи и микропроцессорных технологий, что обеспечивает стабильность, высокую точность и адаптивность работы в условиях изменяющихся параметров материала и внешней среды.

Новизна проявляется в интеграции мехатронных принципов для резки этнических орнаментов; в автоматической адаптации под материал и в применении fuzzy-PID регулятора в конкретной задаче художественной резки.

Особое значение имеет то, что система управления позволяет минимизировать участие человека в процессе: оператор выполняет лишь контрольные и задающие функции, а основные операции – позиционирование ткани, запуск лазерного резака, контроль качества выполнения орнамента – выполняются автоматически. Это свидетельствует о соответствии оборудования современным требованиям мехатронных систем, включая модульность, энергоэффективность, интеллектуальность и высокую точность [10].

Для верификации полученных результатов и для оценки эффективности работы станка были проведены лабораторные испытания на материалах различной плотности таких, как шелк, хлопок и фетр. Каждое испытание включало резку одного и того же орнамента размером 10×10 см при изменении плотности материала и скорости подачи. В испытаниях измерялись отклонение от эталона, время выполнения и доля брака.

Полученные экспериментальные данные из таблицы 2 подтверждают высокую точность станка и его адаптивность к разным условиям, станок сохраняет стабильность работы при изменении характеристик материала.

Таблица 2 – Характеристики резки различных материалов

Материал	Среднее время резки (с)	Среднеквадратичное отклонение (мм)	Процент брака
шелк	9.2	0.12	2%
хлопок	10.1	0.08	0%
фетр	12.7	0.15	1%

Для оценки конкурентоспособности разработанного лазерного станка была проведена сравнительная характеристика с существующими аналогичными системами, представленными на рынке. В качестве аналогов рассматривались коммерчески доступные установки, используемые для художественной резки тканей, в частности такие, как LaserPro X380 производства Тайвань, Trotec Speedy 100 производства Австрия, Glowforge Plus производства США.

Как видно из таблицы 3, разработанный станок отличается интеллектуальной адаптацией к плотности ткани, простотой конструкции и направленностью на культурно-этническое применение. В то время как зарубежные аналоги ориентированы преимущественно на универсальное или массовое использование, предлагаемое решение оптимизировано под задачи индивидуализированного художественного производства в локальных условиях.

Таблица 3 – Сравнение особенностей лазерных установок для резки тканей

Параметр	Разработка авторов	LaserPro X380	Trotec Speedy 100	Glowforge Plus
Тип управления	Arduino + Fuzzy-PID	Проприетарный контроллер	Проприетарный контроллер	Облачное управление
Адаптация под материал	Автоматическая (по плотности ткани)	Ручная настройка мощности	Частичная автоматизация	Автоматическая, без обратной связи
Основное назначение	Этнические орнаменты, малые серии	Универсальное применение	Промышленная гравировка	Хобби и малый бизнес
Новизна	Интеллектуальное fuzzy-PID управление, адаптивность к ткани, казахские орнаменты	Стандартная платформа	Высокоточная промышленная система	Простота и доступность

Несмотря на продемонстрированную эффективность, предложенная система имеет ряд практических ограничений. Во-первых, использование fuzzy-PID-регулятора требует значительных вычислительных ресурсов, что ограничивает возможности применения на микроконтроллерах с низкой производительностью, таких как базовые версии Arduino. Во-вторых, качество управления во многом зависит от точности сенсорных данных: шумы датчиков или задержки в передаче сигналов могут снижать стабильность работы. Кроме того, система чувствительна к калибровке базы правил нечеткой логики, что накладывает дополнительные требования к квалификации инженеров при её настройке.

Перспективы внедрения связаны с возможностью масштабирования и расширения функционала. Разработанный подход может быть адаптирован не только для резки тканей, но и для обработки других материалов таких, как кожа, дерево, пластик, композиты. Внедрение более производительных контроллеров и использование современных сенсорных технологий позволит повысить быстродействие и надёжность, открывая путь для коммерциализации решения и его применения в малых и средних производственных предприятиях.

Таким образом, работа не только демонстрирует практическую реализуемость мехатронного подхода в декоративно-прикладных технологиях, но и формирует основу для дальнейших исследований в области интеллектуальных систем управления.

Заключение

В статье рассмотрены современные тенденции развития мехатроники и её взаимосвязь с такими научно-техническими направлениями, как робототехника и кибернетика. Особое внимание уделено интеграции механических, электронных и вычислительных компонентов, что является ключевым фактором при создании интеллектуальных мехатронных систем нового поколения.

В рамках проведённых исследований разработан лазерный станок для вырезания казахских орнаментов, который демонстрирует практическую реализацию основных принципов мехатроники: автоматизацию, высокую точность, адаптивность и интеллектуальное управление технологическим процессом. Данное оборудование соответствует современным требованиям промышленности и способно обеспечить высокое качество и эффективность художественной обработки тканей.

Разработка прошла лабораторные испытания, подтвердившие её высокую точность, надёжность и адаптивность. Применение fuzzy-PID-регуляторов и сенсорной обратной связи позволяет устройству автоматически адаптироваться к различным материалам, минимизируя вмешательство оператора.

Представленное исследование имеет значимый вклад как в теоретическом, так и в практическом аспектах мехатроники. С теоретической точки зрения работа расширяет применение методов нечеткой логики в системах управления. Это способствует развитию научных представлений о возможности интеграции интеллектуальных алгоритмов с классическими методами автоматического управления и формирует базу для последующих исследований в области адаптивных регуляторов.

С практической стороны разработанная система представляет собой пример внедрения интеллектуального управления в прикладную мехатронную установку. Реализованный станок демонстрирует возможность автоматической адаптации технологических параметров под свойства обрабатываемого материала, что обеспечивает стабильное качество изделий без сложной перенастройки оборудования. Это подтверждает перспективность использования нечеткой логики в промышленных и полупромышленных установках, ориентированных на индивидуализированное и малосерийное производство.

Результаты исследования укрепляют взаимосвязь между теорией и практикой мехатроники: с одной стороны, они дополняют существующую научную базу, а с другой стороны они дают конкретный инструмент для повышения эффективности и качества современных производственных процессов.

Таким образом, результаты работы подтверждают важность и перспективность предложенного подхода для внедрения в производство декоративных и художественных изделий. Это открывает новые возможности для внедрения инновационных технологий в производственные процессы, повышая их конкурентоспособность и соответствие требованиям современного рынка.

Список литературы

1. Мехатроника / Пер. с яп. С.Л. Масленникова ; под ред. В.В. Василькова. – М.: Мир, 1988. – 318 с.
2. Шоланов К.С. Основы мехатроники и робототехники: учебник для студентов технических специальностей вузов Казахстана / К.С. Шоланов. – Алматы: ЭВЕРО, 2015. – 126 с.

3. Мировые тренды развития. В помощь кураторам студенческих групп. Сб. 2 / под ред. акад. НАН РК А. М. Газалиева. – 3-е изд., перераб. и доп. – Караганда: Изд-во Карагандинского государственного технического университета, 2016. – 217 с.
4. Авдеева Н.А. Mechatronics and Robotics – Мехатроника и робототехника: учеб. пособие по англ. яз. / Н.А. Авдеева; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. – 72 с.
5. Шалобаев Е.В. Современное состояние и перспективы развития основных понятий в области мехатроники / Е.В. Шалобаев, Р.А. Толочка // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014.
6. Tolocka R.T. Adaptive mechanics for mechatronics / R.T. Tolocka // The 22th Working Meeting of the IFToMM PC for Standardization of Terminology, June 29 – July, 2008. – Villeurbanne, France, Lyon, 2008. – P. 25-29.
7. Vision system for the navigation of a mobile robot / G. Saldaríа Gonzalez et al // Computacion y Sistemas. – 2018. – Vol. 22. – P. 301-308.
8. Kumar S. Leapfrogging to Education 4.0: Student at the core / S. Kumar, R. Pankaj // EY and the Federation of Indian Chambers of Commerce & Industry. – 2017.
9. Tao B. Design of an intelligent mechatronics system based on fuzzy-PID control for laser cutting applications / B. Tao, C. Liu // Sensors and Actuators A: Physical. – 2018. – Vol. 279. – P. 356-364.
10. Faria A.C.C. Mechatronics: A Study on Its Scientific Constitution and Association with Innovative Products / A.C.C. Faria, S.C.M. Barbalho // Applied System Innovation. – 2023. – Vol. 6, № 4. – P. 72.

References

1. Mekhatronika / Per. s yap. S. L. Maslennikova ; pod red. V. V. Vasil'kova. – M.: Mir, 1988. – 318 s. (In Russian).
2. Sholanov K.S. Osnovy mekhatroniki i robototekhniki: uchebnyk dlya studentov tekhnicheskikh spetsial'nostei vuzov Kazakhstana / K.S. Sholanov. – Almaty: EHVERO, 2015. – 126 s. (In Russian).
3. Mirovye trendy razvitiya. V pomoshch' kuratoram studencheskikh grupp. Sb. 2 / pod red. akad. NAN RK A. M. Gazaliev. – 3-e izd., pererab. i dop. – Karaganda: Izd-vo Karagandinskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2016. – 217 s. (In Russian).
4. Avdeeva N.A. Mechatronics and Robotics – Mekhatronika i robototekhnika: ucheb. posobie po angl. yaz. / N.A. Avdeeva; Vladim. gos. un-t im. A.G. i N.G. Stoletovykh. – Vladimir: Izd-vo VLGU, 2018. – 72 s. (In Russian).
5. Shalobaev E.V. Sovremennoe sostoyanie i perspektivy razvitiya osnovnykh ponyatii v oblasti mekhatroniki / E.V. Shalobaev, R.A. Tolochka // Nauchno-tekhnicheskii vestnik informatsionnykh tekhnologii, mekhaniki i optiki. – 2014. (In Russian).
6. Tolocka R.T. Adaptive mechanics for mechatronics / R.T. Tolocka // The 22th Working Meeting of the IFToMM PC for Standardization of Terminology, June 29 – July, 2008. – Villeurbanne, France, Lyon, 2008. – P. 25-29. (In English).
7. Vision system for the navigation of a mobile robot / G. Saldaríа Gonzalez et al // Computacion y Sistemas. – 2018. – Vol. 22. – P. 301-308. (In English).
8. Kumar S. Leapfrogging to Education 4.0: Student at the core / S. Kumar, R. Pankaj // EY and the Federation of Indian Chambers of Commerce & Industry. – 2017. (In English).
9. Tao B. Design of an intelligent mechatronics system based on fuzzy-PID control for laser cutting applications / B. Tao, C. Liu // Sensors and Actuators A: Physical. – 2018. – Vol. 279. – P. 356-364. (In English).
10. Faria A.C.C. Mechatronics: A Study on Its Scientific Constitution and Association with Innovative Products / A.C.C. Faria, S.C.M. Barbalho // Applied System Innovation. – 2023. – Vol. 6, № 4. – P. 72. (In English).

К.П. Аман, А.А. Мусина*, Д.Д. Елубаева

Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті,
030000, Қазақстан Республикасы, Ақтөбе қ., А. Молдағұлова көшесі, 34А
*e-mail: alla.mussina@mail.ru

**ОРНАМЕНТИ ОЮ СТАНОГЫ ҮШІН МЕХАТРОНИКА НЕГІЗІНДЕГІ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ БАСҚАРУ
ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ**

Мақалада мехатрониканың теориялық негіздері мен заманауи ғылыми-техникалық бағыттар арасындағы байланыс, сондай-ақ алынған білімдердің практикалық қолданылуы қарастырылады. Мехатроника ғылым мен техниканың өзара бірігуі негізінде интеллектуалды машиналарда қозғалыс функцияларын жүзеге асыратын жаңа функционалды модульдер мен жүйелерді әзірлеуді мақсат етеді. Зерттеу аясында орнаменттерді дәл кесуге арналған, жоғары дәлдікке, бейімделгіштікке және интеллектуалды басқару жүйесіне ие арнайы мехатрондық станок әзірленіп, іске асырылды. Құрылғы функционалды қозғалыстарды жүзеге асыруда икемділік пен миниатюризация талаптарын ескере отырып жұмыс істейді. Мақалада автоматты басқару, информатика, механика және микроэлектроника принциптеріне негізделген мәліметтер берілген. Ұсынылған станок мехатрондық жүйелердегі сенсор – контроллер – атқарушы механизм («роботтандырылған триада») арасындағы өзара байланыстың нақты жүзеге асуын көрсетеді. Бұл жоғары деңгейдегі әмбебаптылығымен ерекшеленеді және әртүрлі технологиялық тапсырмаларға бейімделе алады, соның ішінде декоративті элементтерді жасау, күрделі контурларды өңдеу және жекелендірілген бұйымдарды өндіру. Бұл мехатрониканы шағын сериялы және дара өндірісте қолданудың өзектілігін дәлелдейді, әсіресе өндірістік үдерістердің цифрлық трансформациясы жағдайында. Сонымен қатар, бұл жұмыс академиялық зерттеулер мен инженерлік тәжірибенің интеграциясының тиімділігін көрсетеді.

Түйінді сөздер: мехатроника, робототехника, кибернетика, инновация, макро-наножүйе, микро-наножүйе

K.P. Aman, A.A. Musina*, D.D. Elubaeva

K. Zhubanov Aktobe Regional University,
030000, Republic of Kazakhstan, Aktobe, A. Moldagulova St., 34A

*e-mail: alla.mussina@mail.ru

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT CONTROL SYSTEM FOR AN ORNAMENT CUTTING MACHINE BASED ON MECHATRONICS

The article explores the connection between the theoretical foundations of mechatronics and modern scientific and technological trends, as well as the practical application of acquired knowledge. The main goal of mechatronics as a scientific and technical discipline is the development of new functional modules and systems capable of executing motion functions in intelligent machines. As part of the conducted research, a specialized mechatronic system – a high-precision, adaptive, and intelligent control-enabled machine for ornament cutting – was developed and implemented. The device is designed to perform functional movements while meeting the demands for flexibility and miniaturization. The methodological basis of the project incorporates principles of automatic control, computer science, mechanics, and microelectronics. The proposed machine serves as a practical realization of the robotic “triad”: sensor – controller – actuator, and stands as an example of interdisciplinary integration in modern mechatronic systems. This development is distinguished by a high degree of versatility and can be adapted to various technological tasks, including the creation of decorative elements, processing of complex contours, and production of personalized items. It confirms the relevance of applying mechatronics in small-scale and customized manufacturing, especially under the conditions of digital transformation of industrial processes. Moreover, this work demonstrates the effectiveness of integrating academic research with engineering practice.

Key words: mechatronics, robotics, cybernetics, innovation, macro-nanosystem, micro-nanosystem.

Сведения об авторах

Кулнар Панабековна Аман – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информатика и информационные технологии», Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Республика Казахстан; e-mail: kulnar@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0643-2280>.

Алла Александровна Мусина* – магистр по направлению системный анализ и управление, преподаватель кафедры «Информатика и информационные технологии», Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Республика Казахстан; e-mail: alla.mussina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4179-4241>.

Дина Джумаевна Елубаева – магистр, старший преподаватель кафедры «Информатика и информационные технологии», Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Республика Казахстан; e-mail: dina_ye82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7048-4061>.

Авторлар туралы мәліметтер

Күлнәр Панабекқызы Аман – техника ғылымдарының кандидаты, «Информатика және ақпараттық технологиялар» кафедрасының доценті, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: kulnar@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0643-2280>.

Алла Александровна Мусина* – Жүйелік талдау және басқару мамандығы бойынша магистр, «Информатика және ақпараттық технологиялар» кафедрасының оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: alla.mussina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4179-4241>.

Дина Джумаевна Елубаева – магистр, «Информатика және ақпараттық технологиялар» кафедрасының оқытушысы, Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: dina_ye82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7048-4061>.

Information about the authors

Kulnar Panabekovna Aman – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of «Informatics and Information Technologies», K. Zhubanov Aktobe Regional University, Republic of Kazakhstan; e-mail: kulnar@inbox.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0643-2280>.

Alla Alexandrovna Musina* – Master in the field of Systems Analysis and Control, Lecturer of the Department of «Informatics and Information Technologies», K. Zhubanov Aktobe Regional University, Republic of Kazakhstan; e-mail: alla.mussina@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4179-4241>.

Dina Dzhumaevna Elubaeva – Master, Lecturer of the Department of «Informatics and Information Technologies», K. Zhubanov Aktobe Regional University, Republic of Kazakhstan; e-mail: dina_ye82@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7048-4061>.

Поступила в редакцию 10.06.2025

Поступила после доработки 04.09.2025

Принята к публикации 08.09.2025