

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.276.07, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В. Г. ШУХОВА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от **24.12.2025** года протокол №6

О присуждении Белову Никите Вадимовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Методы и алгоритмы сортировки ферромагнитных деталей промышленным манипулятором с использованием компьютерного зрения»** по специальности 2.5.4 – «Роботы, мехатроника и робототехнические системы» принята к защите 23 октября 2025 года, протокол заседания № 5, диссертационным советом 24.2.276.07 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д. 46, приказ № 1502/нк от 12.07.2023 г.

Соискатель Белов Никита Вадимович, 23 апреля 1996 года рождения, в 2019 году окончил Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» с присвоением квалификации «магистр» по специальности 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», программа «Интеллектуальные автоматизированные информационные системы управления».

В 2023 году окончил аспирантуру на кафедре «Интеллектуальные системы в управлении и автоматизации» Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» по направлению 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи.

Работает старшим преподавателем кафедры «Интеллектуальные системы в управлении и автоматизации» Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».

Диссертация выполнена на кафедре «Интеллектуальные системы в управлении и автоматизации» Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Воронова Лилия Ивановна работает в должности профессора кафедры «Интеллектуальные системы в управлении и автоматизации» Ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики».

Официальные оппоненты:

Гданский Николай Ивановича - доктор технических наук, работает в должности профессора кафедры «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» ФГБОУ ВО «Росбиотех».

Шилин Денис Викторович - кандидат технических наук, работает в должности доцента кафедры «Управление и интеллектуальные технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ».

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук в своем **положительном отзыве**, подписанном Гаврюшиным Сергеем Сергеевичем, доктором технических наук (специальность 01.02.06 - Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры), главным научным сотрудником лаборатории теории механизмов и структуры машин ИМАШ РАН и утвержденном исполняющем обязанности директора, доктором технических наук, Рагуткиным Александром Викторовичем, **указала, что диссертация соответствует** пунктам 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (с изменениями и дополнениями), и паспорту специальности 2.5.4, а именно областям исследований: пункту 1 «Методы, алгоритмы, программные и аппаратные средства управления роботами, робототехническими и мехатронными системами, включая адаптивное, оптимальное, распределенное, интеллектуальное и супервизорное управление» и пункту 6 «Математическое и программное обеспечение, компьютерные методы и средства обработки информации в реальном времени в роботах, робототехнических и мехатронных системах», а её автор достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.4 – Роботы, мехатроника и робототехнические системы.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных

изданиях, рекомендованных ВАК РФ, опубликовано 2 работы, в журнале, индексируемом Scopus – 4 работы, индексируемых в РИНЦ - 2 работы. Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ – 3. Свидетельство о регистрации полезной модели – 1. Общий объем работ – 3, 19 печ. л., личный вклад – 2,16 печ. л. Общий объем работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 3,19 печ. л., личный вклад 2,16 печ. л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты исследования.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

В журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Белов, Н. В.** Система удаленного управления промышленным манипулятором KUKA / Н. В. Белов, Л. И. Воронова // Автоматизация в промышленности. – 2023. – № 12. – С. 51-54. – DOI 10.25728/avtprom.2023.12.09. – EDN EOPIZJ.

2. **Белов, Н. В.** Роботизированная сборка набора данных для обучения нейросетевого классификатора / Н. В. Белов // Автоматизация в промышленности. – 2024. – № 5. – С. 13-16. – DOI 10.25728/avtprom.2024.05.03. – EDN RTFPDV.

В журнале, входящем в международную базу данных Scopus:

3. **N. V. Belov and A. G. Vovik**, "Adaptive Control System for the Process of Sorting Objects Using a Robotic Arm," 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 30-34, doi: 10.1109/SmartIndustryCon61328.2024.10516071

4. **M. V. Khokhlova, I. V. Barsuk, L. I. Voronova and N. V. Belov**, "Development of an Intelligent Robotic System for Recognizing and Transporting Postal Objects," 2023 International Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&QM&IS), Petrozavodsk, Russian Federation, 2023, pp. 127-132, doi: 10.1109/ITQMTIS58985.2023.10346518

5. **V. I. Voronov, V. A. Smolnikov, L. I. Voronova, O. L. Antonycheva and N. V. Belov**, "The Training Set Automating for a Neural Network Model of an Industrial Robot Control System," 2024 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (QM&TIS&IT), Nalchik, Russian Federation, 2024, pp. 130-136, doi: 10.1109/QMTISIT63393.2024.10762927.

6. **N. V. Belov, L. I. Voronova and M. V. Khokhlova**, "Development of a Method for Robotic Sorting of Metal Objects," 2024 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex (TIRVED), Moscow, Russian Federation, 2024, pp. 1-6, doi: 10.1109/TIRVED63561.2024.10769969.

На диссертацию и автореферат **поступили положительные отзывы**, в которых отмечается научная новизна и практическая ценность работы. Отзывы были получены от:

I. Копыльцова Александра Васильевича, доктора технических наук (05.13.16 - Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям наук)), заведующий кафедрой Физики Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения, с замечаниями:

1. Недостаточно представлены данные о работе системы в условиях масштабирования на промышленные линии
2. Не вполне последовательно отображен переход из пиксельной системы координат в мировую систему координат.

II. Крахмалева Олега Николаевича, доктора технических наук (2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами), профессора кафедры «Информационные технологии» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», с замечаниями:

1. В автореферате не раскрыты в полном объеме вопросы, связанные с методикой технического обслуживания и модернизации разработанной системы в условиях промышленной эксплуатации.
2. На странице 16 в результатах экспериментальных исследований не приведен анализ влияния изменяющихся условий освещенности на точность работы системы компьютерного зрения

III. Князькова Максима Михайловича, кандидата технических наук (05.02.05 – Роботы, мехатроника и робототехнические системы), старшего научного сотрудника Института проблем механики имени А.Ю. Ишлинского РАН, с замечаниями:

1. Не в полной мере обоснован выбор нейросетевой архитектуры YOLOv8 для задач сегментации в сравнении с другими современными архитектурами
2. Не раскрыты ограничения предложенного метода при работе с объектами сложной геометрической формы, а также в условиях значительного перекрытия деталей.

IV. Еремина Олега Юрьевича, кандидата технических наук (05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (микроэлектроника)), доцента кафедры ИУ6 ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана», с замечаниями:

1. Небольшое замечание касается структуры автореферата. В некоторых разделах хотелось бы видеть более четкое разделение между теоретическими положениями и практическими результатами. Также было бы полезно привести более подробные сравнения с существующими аналогами, чтобы еще ярче подчеркнуть преимущества предложенного подхода.

V. Калитина Дениса Владимировича, кандидата технических наук (05.13.12 – Системы автоматизации проектирования (промышленность)), заместителя директора института информационных технологий и

компьютерных наук ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», с замечаниями:

1. Производительность системы в реальном времени. В автореферате указана скорость обработки ~7 кадров в секунду на конкретном оборудовании. Для некоторых высокоскоростных производственных процессов этого может быть недостаточно. Следовало бы более подробно рассмотреть пути оптимизации вычислительных алгоритмов и требования к аппаратному обеспечению для достижения более высокой скорости обработки.

2. Обобщаемость подхода. Исследование сфокусировано на сортировке трех конкретных типов ферромагнитных деталей с использованием специализированного магнитного захвата. Возникает вопрос о применимости предложенных методов и алгоритмов для сортировки неферромагнитных объектов или с использованием захватов иного типа.

VI. Минжасаров Марата Хайргельдаевича, кандидата технических наук (05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация), доцента кафедры «Автоматизация и робототехника» ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет», с замечаниями:

1. В качестве замечания следует отметить, что в автореферате представлен разработанный автором пневматический магнитный захват работа манипулятора, содержащий подпружиненный демпфер, который увеличивает допустимую погрешность сближения с захватываемой деталью. На рис. 6 представлен пневматический магнитный захват, из которого неясно, каким образом подпружиненный демпфер функционирует и где он расположен на захватном устройстве?

VII. Казарьяна Александра Викторовича, кандидат физико-математических наук (01.04.03 – Радиофизика), заместитель генерального директора по научной работе АО «ЦНИТИ «Техномаш-ВОС», с замечаниями:

1. При описании архитектуры системы дистанционного управления не раскрыты принципы обеспечения безопасности при передаче управляющих команд в промышленной сети.

2. Не указаны механизмы адаптации алгоритмов при изменении характеристик распознаваемых объектов (размеров, формы, материала).

VIII. Кувшинова Вадима Владимировича, кандидата технических наук (05.12.04 – Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения), генерального директора ООО Научно-производственное предприятие «Фликс», с замечаниями:

1. В автореферате отсутствуют снимки экрана, демонстрирующие интерфейс разработанного программного комплекса и визуализацию его работы на различных этапах обработки данных.

2. Не приведены фотографии условий проведения экспериментов.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в соответствующей отрасли науки и имеющими публикации в соответствующей сфере исследования, а также их согласием.

Выбор ведущей организации обосновывается известностью своими достижениями в соответствующей отрасли науки и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод классификации и захвата произвольно расположенных разнородных деталей в накопителе, включающий: определение границ накопителя методом конкурного анализа, нейросетевую сегментацию объектов, выбор объекта захвата по данным RGB-D сенсора, алгоритм определения пространственных координат объекта, движение манипулятора и управление захватным устройством. При этом комбинирование методов компьютерного зрения, подтверждённое лабораторными экспериментами, позволяет работать в сложных сценах и повысить стабильность захвата;

предложен двухэтапный алгоритм определения пространственных координат объекта на основе интеграции нейросетевого метода и облака точек, на первом которого выполняется определение его центра по данным стереокамеры, а на втором вычисление угла наклона объекта путём сопоставления облака точек с полигональной 3D-моделью, с учётом условий частичного перекрытия объекта в рабочей зоне

доказана эффективность разработанных метода и алгоритмов автоматического распознавания, захвата и сортировки произвольно расположенных объектов в накопителе промышленным роботом в лабораторных условиях.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны эффективность и универсальность предложенных методов и алгоритмов сортировки, в основе которых лежат адаптивные алгоритмы, интегрирующие нейросетевые методы компьютерного зрения и 3D-данные для управления манипулятором в неструктурированной среде;

изложен метод адаптивного управления манипулятором, позволяющий в автоматическом режиме учитывать условия сложной сцены (частичное перекрытие объектов, расположение объектов у стенок накопителя) и обеспечивать достижимость целевых объектов для надежного захвата.

раскрыта зависимость точного пространственного положения и ориентации объектов для захвата от результатов нейросетевой сегментации и данных RGB-D сенсора;

изучены причинно-следственные связи между точностью алгоритмов технического зрения, надёжностью аппаратной части, в частности захватных устройств, и итоговой производительностью роботизированной системы сортировки.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены: результаты диссертационной работы используются в учебном процессе в кафедры «Интеллектуальные системы в управлении и автоматизации» Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ) при подготовке магистров по направлению подготовки 15.04.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», программа «Системы искусственного интеллекта промышленного интернета вещей». Полученные в диссертационной работе результаты внедрены и используются в научно-производственной деятельности ООО «Геларм» (г. Москва);

определены перспективы дальнейшего совершенствования разработанного программно-аппаратного комплекса направленные на повышение его производительности, масштабируемости и адаптивности к изменяющимся производственным условиям.

создана интеллектуальная системы сортировки на базе промышленного манипулятора KUKA, включающая подсистему дистанционного управления, методы и алгоритмы компьютерного зрения и специализированное захватное устройство.

представлены рекомендации и перспективы практического использования результатов исследования. Результаты диссертационной работы имеют потенциал применения в практике отечественных машиностроительных и сборочных производств, логистических центров и предприятий, где требуется автоматизация операций разгрузки, сортировки и комплектации. Практическое внедрение результатов расширит возможности роботизированных технологических ячеек и позволит автоматизировать процессы, требующие работы с произвольно расположенными объектами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ теоретические исследования подтверждены численными расчетами и экспериментальными данными, полученными при испытаниях разработанного автором программно-аппаратного комплекса, включая отработку методов распознавания и захвата произвольно расположенных объектов, а также оценку работоспособности подпружиненного демпфера захватного устройства для компенсации погрешностей позиционирования;

теория подтверждена сходимостью результатов экспериментальных и теоретических исследований. Полученные результаты не противоречат известным положениям фундаментальных и прикладных наук, согласуются с данными других исследований в области робототехники и компьютерного зрения;

идея базируется на обобщении передового опыта и использовании современных методов и подходов теории управления, машинного обучения, математического и имитационного моделирования, компьютерного зрения и автоматизированного проектирования;

использованы авторские экспериментальные данные для подтверждения теоретических результатов использованы авторские экспериментальные данные, а также современные методики сбора и обработки информации, в том числе результаты, полученные другими исследователями, в качестве основы для развития рассматриваемой области;

установлено количественное соответствие авторских результатов (точность позиционирования, метрики качества нейросетевой модели) с данными, представленными в независимых источниках по данной тематике;

использованы общепринятые для технических наук теоретические (идеализация, формализация), экспериментальные (наблюдение, измерение, сравнение) и специальные (математическое, имитационное и нейросетевое моделирование) методы исследований;

Личный вклад соискателя состоит: в формулировке цели и постановке задач исследования; разработке архитектуры интеллектуальной системы управления промышленным манипулятором для сортировки, включающей подсистему дистанционного управления и подсистему компьютерного 3D-зрения; метода классификации и захвата произвольно расположенных разнородных деталей, включающего определение границ рабочей зоны, нейросетевую сегментацию, выбор объекта захвата и обеспечение работы с объектами у стенок накопителя; двухэтапного алгоритма определения пространственных координат и ориентации объекта на основе интеграции данных нейросетевой сегментации, облака точек и эталонной САД-модели с использованием аффинных преобразований и алгоритма ICP; автоматизированного способа формирования обучающего набора данных для нейронной сети с использованием манипулятора; конструкции пневматического магнитного захвата с подпружиненным демпфером, компенсирующим погрешности позиционирования и проведении полного цикла экспериментальных исследований, обработке и анализе полученных результатов.

В ходе защиты диссертации принципиальных критических замечаний высказано не было.

Соискатель Белов Н.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию значимости проведенных исследований и полученных результатов.

Диссертация Белова Н.В. соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (с изменениями и дополнениями) и паспорту специальности 2.5.4 «Роботы, мехатроника и робототехнические системы», а именно областям исследований: : пункту 1 «Методы, алгоритмы, программные и аппаратные средства управления роботами, робототехническими и мехатронными системами, включая адаптивное, оптимальное, распределенное, интеллектуальное и супервизорное управление» и пункту 6 «Математическое и программное обеспечение,

компьютерные методы и средства обработки информации в реальном времени в роботах, робототехнических и мехатронных системах».

На заседании 24 декабря 2025 года диссертационный совет принял решение за новые научно обоснованные технические решения и разработки в технологических процессах автоматической сортировки промышленными манипуляторами присудить Белову Никите Вадимовичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **10** человек, из них **9** докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из **12** человек, входящих в состав совета, проголосовали «за» – **10**, «против» – **нет**, недействительных бюллетеней **нет**.

Председатель
диссертационного совета

Ученый секретарь
диссертационного совета



 Рыбак Лариса Александровна

 Малышев Дмитрий Иванович

24 декабря 2025 г.