



**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»,  
доктор технических наук, профессор  
А.Л. Шестаков

2020 г.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Диссертация «Системы управления внутрикамерными радиационно-стойкими манипуляторами» выполнена на кафедре автоматике филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Миассе.

В период подготовки диссертации соискатель Носиков Максим Владимирович работал ассистентом кафедры автоматике филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Миассе, с 2017 г. по настоящее время – старший преподаватель кафедры автоматике филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Миассе. В период с 2001 г. по 2004 г. проходил обучение в аспирантуре на кафедре систем управления государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет».

В 2001 г. Носиков Максим Владимирович с отличием окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет», филиал в г. Миассе, по специальности «Управление и информатика в технических системах».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2020 г. федеральным

государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»).

Научный руководитель – Войнов Игорь Вячеславович, доктор технических наук, профессор, директор филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Миассе, профессор кафедры автоматике федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»).

Тема диссертации утверждена Ученым советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», протокол № 7 от «27» марта 2017г.

По результатам рассмотрения диссертации «Системы управления внутрикамерными радиационно-стойкими манипуляторами» принято следующее **заключение:**

*Актуальность* диссертационной работы Носикова М.В. «Системы управления внутрикамерными радиационно-стойкими манипуляторами» не вызывает сомнений и обусловлена необходимостью разработки и внедрения на предприятиях атомной отрасли новых типов радиационно-стойких манипуляторов, оснащенных современными системами управления с расширенными функциональными возможностями.

В диссертации рассмотрены задачи автоматизации процесса управления внутрикамерными радиационно-стойкими манипуляторами, являющимися неотъемлемой частью технологических процессов переработки отработавшего ядерного топлива, что соответствует паспорту специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

В диссертации формализована постановка и предложено решение научно-технической задачи разработки систем управления радиационно-стойкими

манипуляторами, функционирующими в условиях сильных радиационных полей и ограниченного рабочего пространства (в герметичных камерах).

В работе автора синтезирована структура комбинированной системы управления, ее программная архитектура и человеко-машинный интерфейс «оператор»-«манипулятор» для класса внутрикамерных многостепенных радиационно-стойких манипуляторов, предназначенных для повышения эффективности выполнения технологических операций, что соответствует п. 8 «Формализованные методы анализа, синтеза, исследования и оптимизации модульных структур систем сбора и обработки данных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.» и п. 10 «Методы синтеза специального математического обеспечения, пакетов прикладных программ и типовых модулей функциональных и обеспечивающих подсистем АСУТП, АСУП, АСТПП и др.» паспорта специальности 05.13.06.

Автором предложен новый способ комбинированного управления многокоординатными манипуляторами с кинематическими парами вращательного типа от двух задающих органов типа «многокоординатный джойстик» с наличием дополнительных дискретных каналов управления, что позволяет реализовать необходимые режимы работы манипулятора. Также предложен способ адаптивной подстройки коэффициентов передачи задающего органа, позволяющий исключить ударные механические воздействия на манипулятор при некорректных или несвоевременных действиях оператора, что соответствует п. 16 «Теоретические основы, методы и алгоритмы построения экспертных и диалоговых подсистем, включенных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.» паспорта специальности.

Для синтезированной структуры системы управления предложен способ функционального расширения ее возможностей путем использования аппаратных и программных средств системы технического зрения. Разработан алгоритм автоматического позиционирования и ориентирования схвата манипулятора на основе информации, поступающей от системы оптического детектирования объектов, идентифицированных двумерным QR-кодом, что соответствует п. 19 «Разработка методов обеспечения совместимости и интеграции АСУ, АСУТП, АСУП, АСТПП и других систем и средств управления» паспорта специальности.

Предложенная автором архитектура системы тренажерного обучения и

регистрации действий операторов, структура базы данных этой системы и алгоритмы ее работы позволяют выполнять эффективное обучение операторов в режиме «Инструктор»-«Оператор» и «ЭВМ»-«Оператор», что соответствует п. 16 «Теоретические основы, методы и алгоритмы построения экспертных и диалоговых подсистем, включенных в АСУТП, АСУП, АСТПП и др.» паспорта специальности.

Результатом применения предложенных автором алгоритмов управления является повышение эффективности выполнения внутрикамерных транспортных технологических операций по критериям минимизации времени их выполнения, расширения функциональных возможностей и снижения затрат на ремонт и эксплуатацию технологического оборудования.

Таким образом, работа полностью соответствует паспорту специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Содержание диссертационной работы указывает на то, что соискатель достаточно хорошо владеет современными подходами, математическими методами и моделями управления сложными робототехническими комплексами.

*Теоретическая значимость* работы соискателя заключается в разработке (синтезе) и исследовании новой, оригинальной системы управления классом многостепенных радиационно-стойких манипуляторов, работающих в герметичных камерах и управляемых в автоматическом режиме либо оператором посредством задающих органов типа «джойстик», разработке методик и алгоритмов реализации различных режимов управления манипулятором, человеко-машинного интерфейса и программного обеспечения системы управления и тренажера для обучения персонала.

*Практическая значимость* работы заключается в возможности использования предложенных научно-технических решений при проектировании, изготовлении и эксплуатации на предприятиях атомной промышленности новых типов внутрикамерных манипуляторов, обладающих существенными преимуществами по сравнению с применяемыми в настоящее время. Созданный в процессе работы опытный образец робота-манипулятора защищен патентом РФ, разработанное программное обеспечение имеет ряд свидетельств о государственной

регистрации программ для ЭВМ. Результаты внедрения системы управления представлены в работе соискателя и доказывают корректность и эффективность использования предложенной постановки задач управления и алгоритмов их решения.

*Научная новизна* работы заключается в следующем:

1. Для рассматриваемого класса 6-степенных манипуляторов с кинематическими парами вращательного типа, с учетом специфических требований к условиям эксплуатации (ионизирующие излучения и химически-активная среда), синтезирована новая структура системы управления манипулятором и разработан человеко-машинный интерфейс "оператор-манипулятор";

2. Предложен способ комбинированного адаптивного управления манипулятором от двух задающих органов типа "многокоординатный джойстик", на основе которого реализованы режимы управления по заданной траектории движения либо по текущим командам оператора;

3. В уравнения вычисления управляющих воздействий введен вектор граничных условий и предложен алгоритм адаптивной подстройки коэффициентов передачи задающих органов, позволяющий исключить ударные механические воздействия на манипулятор при некорректных и/или несвоевременных действиях оператора;

4. Предложен алгоритм автоматизированного позиционирования и ориентации схвата манипулятора на основе информации, поступающей от системы оптического детектирования объектов, идентифицированных двухмерным QR-кодом, позволяющий осуществить выбор объекта и автоматическое подведение к нему рабочего органа (как правило, схвата манипулятора);

5. Разработана архитектура и алгоритмы системы тренажерного обучения и регистрации действий операторов, структура базы данных системы.

*Личным вкладом* соискателя является постановка задачи синтеза структуры и программной архитектуры системы управления; разработка алгоритмов управления с использованием предложенной постановки задачи и методов её решения; разработка алгоритмов адаптивной подстройки коэффициентов передачи задающих органов, алгоритмов позиционирования схвата манипулятора на основе

информации, поступающей от системы технического зрения; разработка программных модулей систем управления внутрикамерными радиационно-стойкими манипуляторами; проведение отладки и экспериментальных исследований в лабораторных условиях и в условиях реального производства.

#### *Степень достоверности результатов проведенных исследований*

Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается корректной постановкой и формализацией исследовательской задачи, адекватными решаемой задаче методами исследования, корректным использованием основных положений теории автоматического управления, математической статистики и других классических современных научных положений. Положения и выводы, сформулированные в диссертации, подкреплены фактическими данными, полученными в ходе экспериментальных исследований. Разработанные автором структура и программная архитектура системы управления, способы и алгоритмы адаптивного управления, программные модули прошли этап испытаний в составе роботизированного манипулятора «МР-48», разработанного и изготовленного в рамках двух опытно-конструкторских работ по заказу Федерального государственного унитарного предприятия «Производственное объединение «Маяк», что подтверждается соответствующими актами внедрения и испытаний.

По объему выполненных научно-технических исследований и полученным практическим результатам диссертационная работа Носикова М.В. является законченной научно-исследовательской работой, результаты которой можно квалифицировать как решение конкретной практически значимой научно-технической задачи, которая соответствует требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

Результаты и выводы не противоречат ранее полученным результатам других авторов. В диссертацию включены только результаты, полученные Носиковым М.В., они не затрагивают интересы соавторов в представленных публикациях. Научному руководителю принадлежит общая постановка задачи диссертационного исследования.

Основные разработки и научные положения диссертации представлены в 11 печатных работах, в числе которых: 2 работы опубликованы в рецензируемых

научных изданиях, рекомендованных ВАК; 3 работы опубликованы в зарубежных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science, Scopus. По результатам работы оформлен 1 патент Российской Федерации на полезную модель, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Материалы диссертации полно представлены в работах, опубликованных соискателем.

**Статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК:**

1. Носиков М.В. Система управления роботом-манипулятором с использованием нейросетевых алгоритмов ограничения рабочей области схвата / И.В. Войнов, А.М. Казанцев, Б.А. Морозов, М.В. Носиков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2017. Т. 17. № 4. С. 29 – 36 (8 с./4 с.).

2. Носиков М.В. Архитектура тренажерной системы подготовки операторов радиационно-стойких манипуляторов / М.В. Носиков // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2019. Т. 19, № 2. С. 38 – 54.

**Публикации в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Web of Science, Scopus:**

3. Nosikov M.V. Architecture of Human-controlled Arm Manipulator Operator Training System / M.V. Nosikov // Proceedings of the Global Smart Industry Conference (GloSIC), Chelyabinsk, 2018. pp. 1 – 6, DOI: 10.1109/GloSIC.2018.8570118.

4. Nosikov M.V. Automatic and Manual Control Algorithms of Radiation-Proof Manipulators / I.V. Voinov, M.V. Nosikov // Proceedings of the Global Smart Industry Conference (GloSIC), Chelyabinsk, 2018. pp. 1 – 6 (6 с./4 с.), DOI: 10.1109/GloSIC.2018.8570161.

5. Nosikov M.V. Robot-Manipulator MR-48 for Nuclear Industry / I.V. Voinov, A.M. Kazantsev, M.V. Nosikov // Proceedings of the International

Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Moscow, 2018, pp. 1 – 6, DOI: 10.1109/ICIEAM.2018.8729125. (6 с./3 с.)

Диссертационная работа соответствует требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней. Текст диссертации представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, не содержит заимствованного материала без ссылки на автора и (или) источник заимствования.

Диссертация «Системы управления внутрикамерными радиационно-стойкими манипуляторами» Носикова Максима Владимирович **рекомендуется к защите** на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (промышленность).

**ПРИСУТСТВОВАЛИ:**

Войнов Игорь Вячеславович, доктор технических наук, профессор кафедры автоматике, директор филиала Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) в г. Миассе; Белугин Валерий Борисович, доктор технических наук, профессор кафедры автоматике ЮУрГУ; Телегин Александр Иванович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры автоматике ЮУрГУ; Голощанов Сергей Семенович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автоматике ЮУрГУ; Четошникова Лариса Михайловна, доктор технических наук, профессор кафедры автоматике ЮУрГУ; Губернаторов Алексей Викторович, старший преподаватель кафедры автоматике ЮУрГУ; Елисеев Валерий Петрович, старший преподаватель кафедры автоматике ЮУрГУ; Казанцев Александр Михайлович, старший преподаватель кафедры автоматике ЮУрГУ; Малышкина Наталья Павловна, старший преподаватель кафедры автоматике ЮУрГУ; Морозов Борис Александрович, заведующий лабораторией робототехники филиала ЮУрГУ в г. Миассе, Ярушина Светлана Васильевна, старший преподаватель кафедры автоматике ЮУрГУ.

**ПРИГЛАШЕНЫ:** Шестаков Александр Леонидович, доктор технических наук, профессор, ректор ЮУрГУ; Казаринов Лев Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматике и управления



ЮУрГУ; Ширяев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем автоматического управления ЮУрГУ; Киселев Владимир Иванович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной математики и ракетодинамики ЮУрГУ; Брагина Асия Ахмедовна, кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления ЮУрГУ; Волович Георгий Иосифович, доктор технических наук, профессор кафедры систем автоматического управления ЮУрГУ; Кодкин Владимир Львович, доктор технических наук, профессор кафедры автоматизированного электропривода; Панферов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры информационно-аналитического обеспечения управления в социальных и экономических системах ЮУрГУ; Шнайдер Дмитрий Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры автоматики и управления ЮУрГУ.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры автоматики филиала федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» в г. Миассе. Результаты голосования «за» – 19 чел., «против» – 0 чел., «воздержались» – 1 чел., протокол № 9а от «19» июня 2020 г.

Заведующий кафедрой автоматики  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Миассе,  
к.т.н., доцент

 С.С. Голощاپов

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»

Россия, 454080 г. Челябинск, пр. Ленина, 76, <http://susu.ru/>, телефон: (351) 267-

90-11



Подпись *Голощاپова* удостоверяю  
Начальник управления  
по работе с кадрами *Н.С. Минакова*