

«УТВЕРЖДАЮ»



Ректор Южно-Российского государственного  
политехнического университета (НПИ) имени  
М.И. Платова, д.т.н., профессор

Разоренов Ю.И.

2021 г.

### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» на диссертационную работу на диссертационную работу Рогачева Николая Геннадьевича «Многокритериальный синтез оптимальных регуляторов в непрерывно-дискретных системах управления с нечеткими целевыми функциями», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации

#### ***1. Актуальность темы выполненной работы***

Одним из важнейших направлений современного развития теории управления является разработка методов оптимального управления нелинейными многомерными техническими объектами. Задача оптимального управления усложняется, если рассматриваемая система является гибридной непрерывно-дискретной и компоненты с непрерывными сигналами отражают функционирование объектов управления, а дискретные элементы – работу цифровых управляющих устройств. Это связано с сочетанием непрерывной динамики управляемых процессов с дискретными процедурами получения информации о параметрах объекта, вычисления по этим данным управляющих воздействий и передачи их на исполнительные устройства. Одним из основных способов повышения надежности и эффективности функционирования таких систем является учет при формировании алгоритмов управления в режиме реального времени всего комплекса, как правило, конфликтующих друг с другом

критериев качества, действующих ограничений и возмущений. Наряду с многокритериальностью при вычислении законов управления необходим учет того факта, что одни цели и ограничения могут вступать в противоречие с другими, могут быть представлены на естественном языке, сформулированы нечетко. Это требует использования наряду с классическими методами средств нечеткой логики.

Рассматриваемая в работе проблема относится к сформулированной в плане фундаментальных исследований Российской академии наук на период до 2025 года задаче перехода к цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам на базе кибернетики, методов оптимизации, исследования операций и искусственного интеллекта, теории принятия решений. Эта задача охватывает проблемы управления системами различной природы, масштаба и назначения. Для решения указанной задачи предполагается проведение фундаментальных исследований в области автоматизированных систем управления, в том числе на основе искусственного интеллекта, разработка методов анализа и управления для систем, описываемых как непрерывными, так и дискретными уравнениями

На этом пути возникает ряд представляющих самостоятельный теоретический и практический интерес задач по разработке новых способов синтеза оптимальных по совокупности критериев эффективности алгоритмов и программ работы цифровых устройств управления нелинейными объектами с сосредоточенными и распределенными параметрами в условиях учета комплекса возмущений и ресурсных ограничений.

В настоящей диссертационной работе предлагается один из возможных конструктивных подходов к указанному кругу задач, многокритериальный синтез оптимальных регуляторов в непрерывно-дискретных системах управления с нечеткими целевыми функциями с использованием специальных численных методов искусственного интеллекта.

Это свидетельствует о важности и актуальности разрабатываемой в диссертации темы

## ***2. Новизна полученных результатов***

В работе с единых методологических позиций с использованием специальных численных методов искусственного интеллекта решаются в рамках системного подхода проблемы многокритериального синтеза нечетко-оптимальных цифровых регуляторов непрерывно-дискретных систем управления объектами с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Новыми в работе являются следующие результаты.

1. Поставлена задача многокритериальной оптимизации компьютерной системы управления многооперационными объектами с нечетким описанием критериев оптимальности и последовательности осуществления отдельных операций. Постановка задачи отличается от известных типичным для сложных технических объектов условиям наличия конфликтующих друг с другом нечетко сформулированных целей и требований к процессу управления. Используя такой фундаментальный принцип системного подхода, как целостность, автор обоснованно предлагает осуществлять поиск решений с учетом всей совокупности неразрывно связанных процессов управления, вычислений и обработки информации.

2. Предложены методика и вычислительная технология многокритериального синтеза компьютерной системы управления многооперационными объектами, осуществляемого путем реализации специальных продукционных правил нечетко-оптимального алгоритма работы регулятора. Новизна представленных в работе исследований заключается не только в разработке метода многокритериального синтеза компьютерных систем управления многооперационными объектами метода синтеза алгоритмов функционирования регуляторов цифровых систем управления в форме совокупности правил вида «условие-действие», но и в разработке алгоритмической базы метода и соответствующей вычислительной технологии.

3. В работе решен ряд задач синтеза системы продукций регулятора с нечетко сформулированными, выраженными вербально и вступающими в противоречие друг с другом требованиями к конечному состоянию объекта и к ограничениям, накладываемым на систему правил работы регулятора, на энергетические затраты и амплитуду управляющего воздействия. В частности, предложены постановка и численные методы решения задач многокритериальной нечеткой оптимизации перемещения мобильных роботов в гетерогенной среде, учитывающие, в отличие от известных, нечеткие формулировки маршрутов их перемещения и целей управления.

4. Предложены постановка и численные методы решения задач многокритериального нечетко-оптимального проектирования и управления объектом технологической теплофизики с распределенными параметрами на примере установок индукционного нагрева, учитывающие, в отличие от известных, нечеткий характер конкурирующих друг с другом критериев качества.

Обобщая сказанное, можно констатировать, что диссертационная работа обладает научной новизной.

### ***3. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций***

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, являются достоверными и обоснованными, что подтверждается корректным применением математического аппарата с использованием современных методов теории автоматического управления, теории оптимального управления линейными и нелинейными системами с сосредоточенными и распределенными параметрами, теории нечеткой логики. Справедливость выводов относительно адекватности математических моделей, эффективности предложенных систем и алгоритмов управления подтверждена сравнением результатов теоретического анализа с результатами компьютерного моделирования, соответствием результатов представлений об исследуемых процессах, совпадением частных случаев ряда полученных результатов с результатами моделирования других авторов, верификацией с помощью имитационного моделирования, а также внедрением предлагаемых моделей, методов, алгоритмов построения систем автоматического управления и опытом их эксплуатации.

Основные положения диссертации докладывались на авторитетных международных, всесоюзных и всероссийских научно-технических конференциях.

Все основные научные положения диссертации опубликованы в семнадцати научных работах, в том числе в четырех научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, в семи изданиях, включенных в международные базы цитирования Web of Science и Scopus. Автор имеет свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

### ***4. Значимость результатов, полученных в диссертации, для науки и практики***

В работе предложены новые, отличающиеся от известных схем аналитического конструирования, способы качественного и количественного описания, исследования и многокритериального синтеза оптимальных регуляторов в непрерывно-дискретных системах управления с нечеткими целевыми функциями.

Совокупность разработанных в диссертации математических моделей, методов и алгоритмов управления представляют собой методологические основы построения систем автоматизации непрерывных технологических процессов с сосредоточенными и распределенными параметрами посредством цифровых регуляторов,

Автор предлагает конструктивные методы детализации выявленных закономерностей общего характера применительно к ряду прикладных задач, представляющих самостоятельный интерес. На основе подобного подхода могут быть получены научно обоснованные, объективно достоверные и эффективные решения многих важных задач управления линейными и нелинейными объектами с сосредоточенными и распределенными параметрами.

Теоретические и прикладные результаты, полученные в диссертационной работе, позволили решить ряд практических задач, с существенным повышением технико-экономических показателей автоматизируемого технологического оборудования.

Практическая значимость результатов работы подтверждается документами о промышленном внедрении и использовании результатов диссертационной работы.

Полученные в работе теоретические положения и практические результаты использованы:

- при разработке и исследовании роботизированных систем управления перемещениями мобильных систем;

- при разработке и исследовании системы пространственно-временного управления процессом индукционного нагрева;

- при выполнении НИР по грантам РФФИ:

17-48-630410 р-а «Разработка систем поддержания работоспособности ресурсоснабжающих сетей за счет оптимизации периодичности их профилактики»;

18-08-00506 А «Разработка теории и методов синтеза регуляторов цифровых систем управления многооперационными, стохастическими, непрерывно-дискретными техническими объектами с требуемыми показателями качества»;

19-38-90061 Аспиранты «Разработка способов и программных средств оптимизации в задачах векторного управления многомерными многооперационными нелинейными процессами с нечеткими целями и ограничениями»;

- при проведении ПНИЭР по Федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы», соглашение № 075-15-2019-1364 «Разработка роботизированной системы сельскохозяйственных автомобилей на базе семейства автомобилей КАМАЗ с автономным и

дистанционным режимом управления». Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57718X0286;

– при выполнении НИР по гранту СамГТУ «Разработка способов и программных средств оптимизации в задачах векторного управления многооперационными техническими объектами с нечеткими целями и ограничениями».

– в учебном процессе в Самарском государственном техническом университете.

Использование результатов позволило повысить качество проектирования и эффективность работы системы автоматического управления, сократить время проведения опытно-конструкторских работ и натурных испытаний.

### ***5. Рекомендации по использованию результатов диссертации***

Считаем целесообразным продолжить работу в Самарском государственном техническом университете по направлениям, связанным с развитием идей и результатов диссертационной работы Н.Г. Рогачева.

Целесообразным направлением использования результатов работы является распространение разработанных методов и систем управления движением на процессы перемещения не только на плоскости, но и в пространстве.

Перспективной представляется тематика, связанная с построением и исследованием систем распределенного (пространственно-временного) управления температурным полем тонкостенных металлических изделий, целесообразно продолжить работы в этом направлении и распространить полученные результаты на процесс нагрева массивных тел.

### ***6. Замечания по диссертационной работе***

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, в ней получены значимые теоретические и практические результаты. Работа выполнена соискателем самостоятельно, носит законченный характер. Вместе с тем по диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. Из работы непонятно, как оценивалась и оценивалась ли вообще погрешность датчиков и программных средств, реализующих алгоритмы нечетко-оптимального управления.

2. В диссертации не рассмотрены представляющие интерес вопросы, связанные с возможностью использования полученных в работе результатов для случая управления движением объекта не только на плоскости, но и в пространстве.

3. В работе упоминаются программные средства, выполненные автором или при его участии. Однако отсутствует анализ возможностей существующих программных средств аналогичного функционального назначения.

Указанные замечания ни в коей мере не снижают ценности проведенного исследования.

#### **7. Общая оценка работы**

В целом диссертация Рогачева Н.Г. представляет собой законченное научное исследование, содержащее решение важной научной задачи в области разработки основ теории и техники применения многокритериального метода синтеза нечетко-оптимальных регуляторов в непрерывно-дискретных системах управления широким кругом технических объектов.

Диссертация выполнена на высоком научном и методическом уровне, изложена ясным, технически грамотным языком. Автор проявил хорошие знания современного состояния решаемых в диссертации проблемных вопросов, как по существу рассматриваемых проблем, так и в терминологическом плане. Полученные в диссертации результаты соответствует поставленным целям.

Автореферат и опубликованные работы отражают все основные положения диссертации. Научные и практические результаты диссертации представлены в достаточном количестве опубликованных работ, в том числе написаны автором единолично.

В диссертации четко обозначен вклад автора в разработку проблемы в работах, опубликованных коллективно с соавторами. При использовании результатов, полученных другими авторами, в диссертации даются необходимые ссылки. Все основные положения диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, внесенных в Перечень журналов и изданий, утвержденный Высшей аттестационной комиссией. Диссертация написана в форме, позволяющей получить полное и подробное представление о материалах исследования, предпринятого автором.

Диссертационная работа удовлетворяет критериям Положения о присуждении ученых степеней (утв. Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, соответствует специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, а ее автор, Рогачев Николай Геннадьевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационная работа Рогачева Н. Г. «Многокритериальный синтез оптимальных регуляторов в непрерывно-дискретных системах управления с нечеткими целевыми функциями» заслушана обсуждена и отзыв одобрен на

заседании кафедры «Автоматика и телемеханика» ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» (протокол № 3 от 8.11.2021 г.).

Профессор кафедры  
«Автоматика и телемеханика»  
ФГБОУ ВО «ЮРГПУ(НПИ) имени  
М.И. Платова», д.т.н., профессор

Вячеслав  
Иванович  
Лачин

Заведующий кафедрой  
«Автоматика и телемеханика»  
ФГБОУ ВО «ЮРГПУ(НПИ) имени  
М.И. Платова», к.т.н., доцент

Владимир  
Борисович  
Дьяченко

Подписи Лачина В.И., Дьяченко В.Б.

заверяю

Ученый секретарь

ученого совета ЮРГПУ(НПИ)



Н.Н. Холодкова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова»

Адрес: 346428, Ростовская обл., г. Новочеркасск, ул. Просвещения, 132

Телефон: (8635) 223-344, 255-514

E-mail: rektorat@npi-tu.ru