

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

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

Актуальность темы исследования

Проблема поиска оптимального управления сложными техническими объектами часто встречается в различных прикладных задачах, позволяя вывести на максимально возможный уровень качественные показатели управляемых процессов. Во многих работах исследование сложных многооперационных систем управления проводится на основе традиционных подходов. Не полностью учитывается взаимное влияние как отдельных частей технологического процесса, так и управляющих подсистем. Синтез алгоритмов работы подсистем производится без учета влияния предыдущих этапов на качество последующих, или без учета влияния параллельно протекающих процессов друг на друга. Кроме того, не учитывается гибридный непрерывно-дискретный характер современных систем управления, в которых непрерывными компонентами являются объекты управления, а дискретные элементы – это цифровые управляющие устройства. Практические требования к повышению качества управляемых процессов, равно как и многие существенные особенности прикладных задач, определяющие их специфику, часто не вписываются в постановочные аспекты используемых классических схем решения оптимизационных задач, формализм которых вынужденно абстрагируется от целого ряда важных для приложений факторов. Это предполагает разработку новых подходов, один из которых, отличающийся от известных схем многокритериальностью и нечеткостью целевых функций, рассматривается в диссертации. При этом подходе требования к качеству управляемых подпроцессов и обусловленные используемыми технологиями ограничения задаются в нечетком виде, а формальное различие между критериями и ограничениями отсутствует.

В связи с этим актуальность темы диссертационных исследований Н.Г. Рогачева, посвященных разработке и практической реализации алгоритмов и программных средств многокритериального синтеза оптимальных регуляторов в непрерывно-дискретных системах управления с нечеткими целевыми функциями для широкого класса объектов управления, не вызывает сомнений.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов, рекомендаций и заключений

В диссертационной работе автором проведен обзор существующих подходов к разработке нечетко-оптимального и эволюционного методов синтеза законов управления объектами с сосредоточенными и с распределенными параметрами. При этом использованы научные публикации отечественных и зарубежных авторов, что подтверждается ссылками по тексту диссертации.

В третьем и четвертом разделах работы приводятся результаты апробации предложенного метода для синтеза непрерывно-дискретных технических систем, содержащих в своем составе как линейные, так и нелинейные объекты управления. Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод об обоснованности основных научных положений работы.

Полученные в диссертации научные результаты базируются на известных в теории автоматического управления закономерностях, подтверждены путем применения математического аппарата с использованием методов математического анализа, теории автоматического управления, методов структурной теории систем, методов компьютерного моделирования.

Работоспособность предложенных подходов иллюстрируют примеры численного моделирования с использованием современных средств автоматизации математических вычислений MatLAB и пакета имитационного моделирования Simulink, которые также подтверждают достоверность полученных в диссертации научных результатов.

Таким образом, научные положения, выводы и рекомендации можно считать в достаточной степени обоснованными и достоверными.

Научная новизна и значимость полученных результатов

Диссертационная работа расширяет и углубляет теоретические представления в области оптимизационных методов многокритериального синтеза управления непрерывно-дискретными системами управления с нечеткими целевыми функциями.

Постановка задачи многокритериальной оптимизации компьютерной системы управления многооперационными объектами как задачи с нечетким описанием критериев оптимальности и последовательности осуществления отдельных операций позволяет учесть наличие конфликтующих друг с другом нечетко сформулированных целей и требований к процессу управления, типичных для сложных технических объектов. Новизна предлагаемого подхода состоит в способе организации на цифровых регуляторах алгоритмов управления в виде систем правил (продукций), задача поиска которых формулируется как проблема нечеткой оптимизации. Кроме того, специфика подхода заключается в учете при оптимизации текущего этапа не

только требований к этому этапу, но и возможных последствий для иных этапов, последующих или протекающих одновременно. Такой учет возможен при поиске алгоритма управления «в целом», нечетко-оптимального одновременно по совокупности частных критериев для всех образующих процесс отдельных этапов.

Проверка разработанных способов и программных средств осуществлялась на имитационных моделях систем управления конкретными технологическими процессами. В качестве одного из технических приложений рассмотрен автономный мобильный робот в виде машины Дубинса или машины Ридса-Шеппа, совершающий сложные маневры в гетерогенной среде. Разработанные автором постановка и численные методы решения задач многокритериальной нечеткой оптимизации перемещения мобильных роботов в гетерогенной среде отличаются от известных тем, что позволяют учитывать нечеткие формулировки маршрутов их перемещения и целей управления.

В качестве второго примера рассмотрена установка периодического индукционного нагрева, снабженная устройствами выравнивания температуры по длине нагреваемого изделия. Для нее исследовалась задача нечетко-оптимального по быстродействию и точности нагрева цифрового управления. Особенностью подхода к управлению подобным объектом технологической теплофизики является учет типичного для таких процессов нечеткого характера конкурирующих друг с другом критериев качества.

Новизну результатов диссертационных исследования подтверждает зарегистрированная программа для ЭВМ, предназначенная для расчета электромагнитных процессов при индукционном нагреве.

Практическая значимость и апробация работы

Практическая ценность результатов работы заключается в ориентации на решение важных прикладных задач, они могут служить основой для разработки программно-алгоритмического обеспечения процедуры нечетко-оптимального синтеза компьютерных систем управления многооперационными непрерывно-дискретными техническими объектами.

Практическая значимость результатов исследования подтверждается применением их 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».

Результаты диссертационной работы внедрены при разработке алгоритмов управления группой роботизированных транспортных средств сельскохозяйственного назначения, а также учтены при модернизации процесса индукционного нагрева при производстве подшипников, что подтверждается соответствующими актами.

Теоретические положения и методики используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Управление в технических системах», что также подтверждается актом.

Основные научные результаты диссертации прошли достаточную апробацию, они доложены и обсуждены на различных конференциях российского и международного уровня, полно представлены в научных изданиях (17 научных работ), в том числе в 4-х статьях, опубликованных в российских рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ. 7 работ опубликованы в международных изданиях, индексируемых в базе SCOPUS. Имеется свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа объемом 149 страниц состоит из введения, 4 разделов, заключения и списка литературы, включающего 98 наименований. В первом разделе обсуждаются общие вопросы управления различными классами технических объектов. Во втором разделе рассматривается нечетко-оптимальный метод синтеза компьютерных систем управления. Предложен «комбинированный» способ численного решения нечетко-оптимальной задачи, при котором на начальной стадии используется обладающий максимальной шириной поиска метод деформируемого многогранника, а при приближении к точке оптимума – минимизирующий количество обращений к целевой функции способ последовательного квадратичного программирования. Решению задачи нечетко-оптимального синтеза систем управления мобильным роботом посвящен третий раздел. Представлены примеры решения задач нечетко-оптимального управления подвижными устройствами, мобильность которых обеспечивается машинами Дубинса или машинами Ридса-Шеппа. Показан выигрыш во времени при локальном способе планирования по сравнению с глобальным способом, продемонстрированы преимущества использования в вычислениях алгоритма с отсечением по времени. В четвертом разделе дано описание технологической установки с коническим индуктором и устройствами выравнивания температуры по длине нагреваемого изделия и рассмотрена задача нечетко-оптимального управления такой установкой в условиях действия ограничения на перепад температур. Исследована эффективность разработанных алгоритмов.

Диссертация написана в форме, позволяющей получить достаточное представление об исследованиях, проведенных автором. Оформление работы аккуратное, соответствует установленным требованиям. Текст диссертации ясен и точен, написан грамотным языком, содержит логически связанный материал и дополняется иллюстративными примерами. Диссертация имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Ее содержание соответствует паспорту специальности 2.3.1 — «Системный анализ, управление и обработка информации». Заимствованного материала без указания авторов и ссылок на первоисточники не обнаружено. Порядок изложения материалов исследования позволяет рассматривать диссертацию как логически завершенную работу.

Автореферат достаточно отражает содержание и основные положения диссертации.

Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации нет четкого выделения области применения разработанных методов. В основном, рассматривается программное управление при постоянных параметрах объекта. В разделе 3.4.1 обсуждается возможность управления погрузчиком при наличии известных возмущений, которые представлены константами в уравнениях (3.4) и (3.5). Однако на практике возмущения имеют случайный характер и заранее неизвестны. Вряд ли в этой ситуации можно организовать предложенную локальную стратегию навигации.
2. В Заключение по диссертации и выводах по 3 главе говорится о разработке имитационной модели объекта. При этом модель погрузчика взята из литературы, а схема моделирования средствами Simulink является тривиальной, она составлена в полном соответствии с дифференциальным уравнением (3.1). Такую имитационную модель нельзя считать научным результатом. Это удобная форма визуального моделирования динамических процессов.
3. В главе 4 поставлена задача управления установкой индукционного нагрева как объектом с распределенными параметрами, а затем в работе сделан переход к сосредоточенной модели, но не оговаривается при каких условиях и с какой точностью это сделано.
4. Основные результаты, представленные в Заключение по работе, имеет слишком общий характер. Так первый вывод претендует на всесторонний системный анализ сложного класса нелинейных многооперационных объектов. По факту дано обычное представление объекта управления в виде блока с указанием характеризующих его переменных (управление, выход, переменные состояния).

5. В работе встречаются опечатки: на стр. 27 несколько раз колоколообразная функция названа колокообразной. Уравнения (3.1) на стр. 62, (3.4) на стр.94 и (3.5) на стр.95 являются дифференциальными, поэтому в левой части должна быть производная вектора состояния.

Отмеченные недостатки не снижают общее положительное впечатление от диссертации и не уменьшают ее научную ценность и практическую значимость.

Заключение

Представленная диссертационная работа Н.Г. Рогачева является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, обладающей всеми признаками новизны, актуальности и практической значимости. Диссертация отвечает всем требованиям Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 11.09.2021) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней»), предъявляемых к кандидатским диссертациям. Считаю, что автор работы, Николай Геннадьевич Рогачев, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Профессор кафедры автоматики
ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
технический университет»
почетный работник сферы образования РФ
д-р техн. наук, доцент
(научная специальность 05.13.01)

Галина Александровна
Французова
9 ноября 2021 г.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет»
Адрес: 630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20. Тел.: 8 (383) 346-08-43.
Адрес электронной почты: rector@nstu.ru Сайт: <http://www.nstu.ru>*

Подпись Г.А. Французовой удостоверяю

Ученый секретарь Совета
ФГБОУ ВПО «Новосибирский
государственный технический университет»
д-р техн. наук, профессор



Г.М. Шумский