

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Ильиной Натальи Андреевны на тему «Двухканальное оптимальное по быстродействию управление техническими объектами с распределенными параметрами в условиях равномерной оценки целевых множеств», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

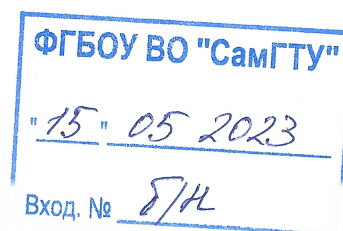
Актуальность темы

Диссертация Ильиной Н.А. посвящена решению важной научно-практической задаче равномерной оптимизации систем с распределенными параметрами с векторными граничными и внутренними управляющими воздействиями. Известно, что проблема создания теории оптимального управления многоканальными объектами с распределенными параметрами представляет значительный научный интерес. Важно отметить, что ее решение имеет также и существенное прикладное значение в виду широкого распространения в промышленности ответственных объектов, математические модели которых учитывают пространственный характер распределения физических переменных. В работе представлены ряд таких объектов, применяемых в металлургической промышленности. К ним следует отнести индукторы, используемые в процессах поверхностной закалки металлических изделий, которым уделено основное внимание.

Неотъемлемым условием работы индукционной нагревательной установки в процессе закалки является необходимость обеспечения равномерного распределения температуры в поверхностном закаливаемом слое изделия с целью исключения структурной неоднородности, дефектов металла и сохранения прочностных характеристик по глубине слоя. Как правило, типовые индукционные нагревательные установки и их режимы функционирования не обеспечивают должной равномерности температурного распределения по закаливаемому слою. Указанные особенности режимов поверхностной закалки естественным образом определяют требования к выбору критериев оптимальности и задают ограничения на управления режимами индукционного нагрева.

Значительные трудности возникают при исследовании взаимосвязанных распределенных объектов с различными управляющими воздействиями для каждого из них, особенность которых состоит в обеспечении условий сопряжения физически неоднородных сред на их контактирующих поверхностях.

Результаты, полученные в работе, являются продолжением развития исследований, проводимых известной Самарской научной школы по оптимальному управлению объектами с распределенными параметрами параболического типа, представленных в трудах известных специалистов Рапопорта Э.Я., Плешивцевой Ю.Э., Дилигенской А.Н. и ряда других.



Сказанное позволяет сделать заключение, что тема диссертации Н.А. Ильиной, посвященная разработке методов, методик и алгоритмов синтеза оптимальных по быстродействию взаимосвязанных объектов в широком классе задач управления процессами нагрева металлических полуфабрикатов перед обработкой давлением является безусловно **актуальной** и направленной на повышение эффективности функционирования сложных технических объектов и технологических процессов теплофизики.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, библиографического списка, содержащего 91 наименование, и двух приложений. Работа изложена на 146 страницах, включая 50 рисунков и 8 таблиц.

Работа выполнена в соответствии с требованиями, предъявляемыми ВАК при Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям.

Рукопись диссертации оформлена согласно ГОСТ Р 7.01.11-2011 и ГОСТ 2-105. Диссертация отличается логической связностью, структура и содержание работы отвечают целям и задачам исследования. Автореферат соответствует основным положениям диссертационной работы.

По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ, в том числе 5 статей в периодических изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 3 – в изданиях, индексируемых зарубежными базами Scopus и Web of Science. В этих публикациях в достаточной мере отражены основные положения диссертационной работы. При использовании результатов других авторов соискатель корректно приводит необходимые ссылки.

Научная новизна основных результатов и выводов диссертации

В диссертационной работе получены следующие основные научные результаты.

1. Разработаны новая методика и вычислительная технология решения задачи оптимального по быстродействию двухканального программного управления линейным объектом с распределенными параметрами, которые позволяют обеспечить заданную точность равномерного приближения пространственного распределения температур к требуемому состоянию за меньшее время по сравнению с известными алгоритмами одноканального управления, что достигается применением векторного управления. Полученные результаты распространяются на задачу оптимального по быстродействию двухканального граничного управления нелинейным объектом, характеризующимся процессом нестационарной теплопроводности.

2. Разработаны алгоритмы двухканального оптимального по быстродействию программного управления нестационарными процессами теплопроводности, отличающихся учетом технологических ограничений на максимально допустимый уровень управляемой величины и инерционностью граничных управляющих воздействий.

3. Разработаны методическое и алгоритмическое обеспечение решения задачи двухканального оптимального по быстродействию программного управления двумя

взаимосвязанными процессами нестационарной теплопроводности с идеальным тепловым контактом на границе взаимодействующих сред, которые, в отличие от известных подходов, гарантируют достижения каждого из процессов за минимальное время заданного конечного состояния с максимальной точностью равномерного приближения в условиях ограничений на одинаковую продолжительность процесса управления для каждого из управляющих воздействий.

4. Разработаны методика и алгоритмы синтеза системы оптимального по быстродействию двухканального управления нестационарным процессом теплопроводности с линейными обратными связями, отличающегося неполным измерением состояния, тем самым обеспечивая решение задачи построения замкнутой системы управления процессом индукционного нагрева. Предлагаемый синтез оптимальных регуляторов базируется на результатах расчёта программных оптимальных управлений для каждого из управляющих воздействий.

Соискателем отмечается, что разработанные алгоритмы оптимального управления по критерию быстродействия, отвечающие определенным условиям, во многих случаях оказываются оптимальными и по другим значимым показателям: качеству продукции, оцениваемому по достижимой точности нагрева, и энергопотреблению, определяемому расходом энергии на процесс управления.

Сравнительный количественный анализ проведенных вычислительных экспериментов показал, что векторное управление приводит к значительному повышению качества по длительности оптимального процесса и предельной точности нагрева в классе двухинтервальных управляющих воздействий.

Особый интерес вызывают результаты распространения полученного решения на задачу оптимального по быстродействию двухканального граничного управления нелинейным процессом нестационарной теплопроводности с использованием разработанной численной модели, созданной с помощью программного пакета COMSOL Multiphysics. На базе этой модели реализована итерационная процедура поиска решений систем уравнений альтернативного метода. Поиск искомых параметров оптимального процесса предполагает на последнем этапе выбор решений с наименьшей продолжительностью нагрева.

Важно отметить, что автор не ограничивается программным векторным управлением, а дополняет исследования построением оптимальной по быстродействию системы двухканального управления процессом индукционного нагрева с обратными связями по температуре. Компьютерное моделирование в программной среде MATLAB замкнутой системы с неполным измерением состояния объекта продемонстрировало работоспособность предлагаемого подхода.

Степень обоснованности и достоверности положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, подтверждается корректным использованием методов теории автоматического управления и системного анализа, теории оптимального

управления, теории приближений, методов математического моделирования систем с распределенными параметрами, теории тепломассопереноса и индукционного нагрева.

Достоверность разработанных алгоритмов подтверждается результатами компьютерного моделирования с применением специализированного программного пакета COMSOL Multiphysics и программного средства Matlab, использованием результатов диссертации в проектных разработках ЗАО «ТМ-Сервис», о чем имеется соответствующий документ, а также выполнением ряда научно-исследовательских работ в рамках проектов, поддержанных Российским научным фондом и фондом стипендиальных программ имени Леонарда Эйлера DAAD. Основные результаты диссертационного исследования апробированы выступлениями на всероссийских и международных конференциях.

Значимость результатов для науки и практики

Научная значимость полученных в диссертации результатов и выводов определяется предлагаемыми в работе новыми конструктивными методами синтеза оптимального по быстродействию двухканального управления одним и системой взаимосвязанных объектов с распределенными параметрами параболического типа при условии обеспечения заданной точности равномерного приближения конечного состояния объекта к требуемому пространственному распределению управляемой величины.

Практическая ценность диссертационной работы определяется разработкой методического, алгоритмического и программного обеспечения оптимального программного управления и синтеза замкнутых систем с распределенными параметрами. Предлагаемые подходы могут быть использованы в задачах многоканального управления различными объектами теплофизики, модели процессов которых представлены параболическими уравнениями.

Научная и практическая значимость результатов работы подтверждается использованием полученных в диссертации положений, выводов и рекомендаций в НИР, а также в учебном процессе ФГБОУ ВО «СамГТУ» при подготовке магистров по направлению «Управление в технических системах».

Замечания по диссертационной работе

1. В работе отсутствуют исследования, направленные на получение оценок робастности замкнутых систем управления.

2. В диссертации не обосновано использование модели процесса нагрева неограниченной пластины в качестве базовой для рассматриваемых технологических процессов нагрева металла под обработку давлением.

3. Отсутствует обоснование возможности конечномерного усечения системы уравнений модального описания объекта управления, которое используется для расчетов двухканального программного управления нагрева пластины.

4. Остается не вполне ясным, каким образом реализуется неполное измерение и наблюдение температурного состояния нагреваемых изделий в предлагаемой методике

синтеза оптимальных регуляторов для объектов с распределенными параметрами ОРП с линейными обратными связями в задаче управления процессом индукционного нагрева и как обосновывается при этом конкретный выбор точек измерения температуры на реальном объекте.

5. Отсутствует обоснование получения выражений удельных теплоемкости, плотности и теплопроводности от температуры, представленных в таблице 2.5, для нелинейных моделей.

Указанные замечания не снижают ценности выполненной диссертационной работы.


Общая оценка диссертации

Диссертационное исследование соискателя обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью, представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, содержащую новое решение актуальной задачи разработки методов и алгоритмов двухканальной оптимизации по критерию быстродействия процессов управления техническими объектами с распределенными параметрами в условиях равномерного приближения к конечному состоянию управляемой системы.

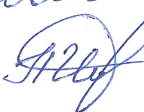
Полученные результаты и сделанные выводы соответствуют поставленным в диссертации целям и задачам. Диссертация написана ясным и грамотным техническим языком. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Представленная диссертационная работа соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения учёных степеней» ВАК при Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Ильина Наталья Андреевна, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности по специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Официальный оппонент,
профессор кафедры автоматики и процессов управления
Федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»,
профессор, доктор технических наук

 С.Е. Душин

Подпись профессора Сергея Евгеньевича Душина удостоверяю

С отзывом ознакомлена
 Ильина А.А.
15.05.2023

