

## Отзыв

официального оппонента д.т.н. проф. Казаринова Л.С.

на диссертационную работу Ильиной Натальи Андреевны

на тему «Двухканальное оптимальное по быстродействию управление техническими объектами с распределенными параметрами в условиях равномерной оценки целевых множеств», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

### 1. Актуальность темы диссертации

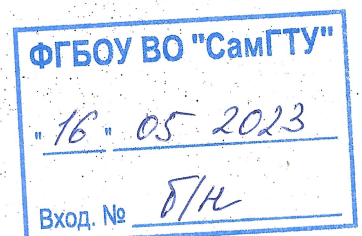
Рассматриваемая работа посвящена решению задач оптимального управления техническими объектами с распределенными параметрами, к которым, в частности, относятся задачи управления термической обработкой рабочих объектов в различных технологиях. Указанный класс задач широко распространен в промышленности, соответственно оптимальное решение данных задач с точки зрения повышения быстродействия и точности имеет большое практическое значение, так как повышает эффективность указанных технологических процессов.

С теоретической точки зрения рассматриваемые задачи относятся к классу задач управления объектами с распределенными параметрами, решение которых для реальных технологических объектов представляет большие сложности как в теоретическом, так и в вычислительном плане. Так, здесь недостаточно решенными являются задачи двустороннего нагрева рабочих материалов, заготовок, рабочих объектов технологий. С этой точки зрения рассматриваемая диссертационная работа, посвященная задачам оптимального управления процессами двустороннего нагрева объектов с распределенными параметрами является безусловно актуальной.

### 2. Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций

Содержание диссертации состоит из введения, 5 глав и заключения, изложенных на 145 страницах машинописного текста.

Во введении достаточно точно сформулированы актуальность темы диссертации, научные результаты и положения, выносимые на защиту.



В первой главе приводится обзор научных работ по теме диссертации. Обзор является достаточно полным, охватывающим основные работы по теме исследования в нашей стране и за рубежом. По материалам проведенного обзора делается вывод об актуальности проведения исследований по многоканальному управлению объектами с распределенными параметрами. Этот вывод является обоснованным, так как опирается на детальный анализ примеров конкретных технологических процессов и научных публикаций по данной теме.

С использованием результатов проведенного обзора на основе адекватного математического аппарата формулируется постановка задачи многоканального оптимального управления одним или группой взаимосвязанных объектов с распределенными параметрами с равномерной оценкой целевых множеств. Дается общая схема ее решения на основе принципа максимума Понтрягина. С целью конструктивного решения поставленной задачи предлагается использовать альтернативный метод, развиваемый научной школой д.т.н. проф. Рапопорта Э.Я.

В последующих главах 2, 3, 4 достаточно полно с доказательным математическим обоснованием раскрываются методы решения поставленной задачи в соответствии с последовательными шагами ее конкретизации применительно к реальным технологическим условиям.

Так, в главе 2 решается задача двухканального программного управления процессом с нестационарной теплопроводностью по критерию максимального быстродействия при заданной точности управления. Далее, в главе 3 решается аналогичная задача при наложении дополнительных ограничений на собственно управление. В главе 4 решается комплексная задача, в которой учитываются вместе все введенные ранее ограничения, включая наличие двух взаимосвязанных объектов с идеальным тепловым контактом.

В главе 5 дается конкретная схема рассматриваемого программного управления с неполным измерением состояния, реализуемая в виде двухконтурной релейной системы автоматического регулирования с независимыми друг от друга функциями переключения.

В целом следует отметить, что рассматриваемая диссертация отличается высоким уровнем математического аппарата исследований, теоретической доказательностью основных положений и подтверждением достоверности результатов на основе вычислительного моделирования и реализацией на практике.

### 3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

- 3.1. Вывод о том, что методика решения задачи двухканального оптимального по быстродействию программного управления процессом нестационарной теплопроводности, которая позволяет обеспечить точность равномерного приближения результирующего пространственного распределения температур к требуемому состоянию за меньшее время по сравнению с известными алгоритмами за счет векторного характера управляющих воздействий, является достоверным и обладает научной новизной.
- 3.2. Вывод о том, что алгоритмы решения задачи двухканального оптимального по быстродействию программного управления нестационарными процессами теплопроводности, учитывающие, в отличие от известных, технологические ограничения на максимально допустимую температуру и инерционности каждого из граничных условий, является достоверным и обладает научной новизной.
- 3.3. Вывод о том, что методика решения задачи двухканального *оптимального по быстродействию* программного управления двумя взаимозависимыми процессами нестационарной теплопроводности с идеальным тепловым контактом на границе взаимодействующих сред, которая гарантирует, в отличие от известных, переход каждого из объектов за минимально возможное время в заданное конечное состояние с *максимально-достижимой точностью*<sup>1</sup> равномерного приближения в условиях дополнительных ограничений на одинаковую продолжительность процессов управления для каждого из управляющих воздействий, в целом, является достоверным и обладает научной новизной.

<sup>1</sup>Замечание к данному пункту раскрывается далее в п. 4.

- 3.4. Вывод о том, что методика синтеза оптимального по быстродействию двухканального программного управления процессами нестационарной теплопроводности с неполным измерением состояния, обеспечивающая в отличие от известных, автоматическую обработку каждого из программных управляющих воздействий путем построения двухконтурной релейной системы с независимыми друг от друга двумя функциями переключения, является достоверным и обладает научной новизной.

#### 4. Замечание к работе

В качестве замечания следует указать следующее.

В автореферате на стр.4 в п. 3 основных научных результатов указывается, что решена задача управления «... максимального быстрогодействия ..» и «...максимально достижимой точности...».

Данная формулировка является неточной. Более точная формулировка приведена в тексте самой диссертации на стр. 114.

*«Задача быстрогодействия решается по модифицированной схеме альтернативного метода, которая в случае двух объектов отличается от варианта двухканального управления одним объектом возможностью обеспечить заданную точность нагрева только для одного объекта в условиях предельно достижимой ее величины для другого объекта и характеризуется усложненной конфигурацией пространственного распределения результирующих температурных состояний».*

Анализ данных формулировок показывает, что здесь фактически просматривается многокритериальная задача оптимизации. Действительно, по тексту можно увидеть 3 критерия: 1) максимального быстрогодействия, общего для двух объектов: критерия максимальной точности для одного объекта при заданной точности для другого объекта. Оптимальное решение подобной задачи лежит в 3-х мерной области Парето, в которой улучшение по одному критерию обуславливает ухудшение по другим критериям. В итоге возникает многокритериальная задача принятия решений, которая находится уже не полностью в области задач автоматического регулирования, а связана с технологией объекта управления. Подобная задача должна решаться в интерактивном режиме с технологом. Например, технические условия на точность нагрева, как правило, определяются технологами. При этом возникает вопрос: можно ли с использованием моделей, предложенных в работе, выполнить расчет вариантов частных оптимальных решений, необходимых для общего решения задачи многокритериального выбора технологически эффективного решения по трем указанным выше критериям?

#### 5. Заключение

Рассматриваемая диссертационная работа Ильиной Н.А. является законченной научно-исследовательской работой, в которой проведено исследование и успешно решены важные задачи в области оптимального управления многоканальным нагревом технологических объектов с

распределенными параметрами по критерию максимального быстродействия при заданных условиях по точности нагрева, предложены практические схемы реализации оптимального управления в производственных условиях. Результаты работы в достаточной мере опубликованы в журналах ВАК, Web of Science и Scopus: доложены на международных конференциях. Практические результаты работы апробированы в рамках международного сотрудничества с Институтом Электротехнологий Университета им. Лейбница (г. Ганновер, Германия), при выполнении НИР по проекту Российского научного фонда, апробированы в практике проектных работ ЗАО «ТМ-Сервис. Научное содержание работы было использовано в учебном процессе при подготовке магистров по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах» в ФГБОУ ВО «СамГТУ».

Приведенное выше замечание по содержанию работы не является критическим, оно указывает на перспективу дальнейшего развития работ в данном направлении.

Представленная диссертация удовлетворяет требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г. и соответствует паспорту специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

На основе вышесказанного считаю, что диссертационная работа Ильиной Натальи Андреевны «Двухканальное оптимальное по быстродействию управление техническими объектами с распределенными параметрами в условиях равномерной оценки целевых множеств» удовлетворяет требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1, а ее автор Ильина Наталья Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент

д.т.н. проф. Казаринов Л.С.

11.05.2023



С отзывом ознакомлена  
Ильина Н.А.  
16.05.2023