

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования



«Тульский
государственный
университет»
(ТулГУ)



Проспект Ленина, д. 92, г.Тула, 300012
Тел. (4872) 35-34-44, факс (4872) 35-81-81
e-mail: info@tsu.tula.ru, http://tsu.tula.ru

24.05.2018 № *2-06-11-2526*

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,
доктор технических наук, профессор

Кухарь Владимир Иванович
« 23 » 2018 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Худякова Юрия Владимировича, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, «Численно-аналитические методы и алгоритмы исследования математических моделей оптимальных динамических измерений с учетом помех»,

1. Актуальность темы

Измерения и оценка состояния объектов по результатам измерений играют важную роль при проведении экспериментальных исследований во всех отраслях науки и техники. Одним из наиболее распространенных классов объектов измерения являются динамические объекты с быстроменяющимися состояниями, оценка которых требует учета, в том числе и быстродействия измерителя, для построения адекватной модели объекта. Особо сложной задачей оценки является восстановление состояния объекта, по наблюдаемым и зарегистрированным значениям сигналов, динамически искаженным в процессе проведения эксперимента и передачи измерительной информации. Общепринятым методом учета и компенсации погрешностей измерителя, обусловленных инерционностью сенсоров, наличием помех в канале передачи измерительной информации и тому подобных факторов, является программная обработка данных, которая сводится к решению задачи восстановления состояния объекта измерения по наблюдаемому сигналу и известным динамическим свойствам измерительно-информационной системы. Методы оптимальной оценки состояния объекта измерения, учитывающие инерционность измерительной системы и наличие помех в канале передачи данных в настоящее время развиты недостаточно, что обуславливает необходимость и актуальность исследований, проведенных в диссертации.

2. Характеристика содержания работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и приложения.

Во введении дана общая характеристика работы, отмечается актуальность темы, научная новизна, практическая значимость, охарактеризованы ме-

тоды исследования, использованные в работе, дана характеристика степени проработанности темы, поставлена задача исследования.

В первой главе изложен понятийный аппарат, используемый во второй и третьей главах для получения основных теоретических и практических результатов диссертации, приводятся подходы к построению математических моделей систем, осуществляющих динамические измерения. Показано, что в качестве объекта измерения может использоваться и финансово-хозяйственная деятельность предприятия, с динамически измеряющимися объемами реализации продукции.

Во второй главе содержатся результаты математического моделирования оптимальных динамических измерений. Показано, что при моделировании сложных измерительных систем может быть получена система леонтьевского типа. Разработана модель оптимальных динамических измерений с учетом инерционности измерительного устройства и наличия резонансных помех с известными частотами резонанса. Представлена балансовая модель динамики реализации продукции предприятия и использование этой модели для решения маркетинговых задач.

В третьей главе излагаются численные методы решения задачи динамических измерений с учетом инерционности измерительного устройства и наличия резонансных помех. Показана сильная выпуклость функционала качества на множестве допустимых решений, и сходимости по норме приближенных решений задачи оптимального динамического измерения к точным решениям. Приводится описание программного комплекса, использующего алгоритмы численного решения задачи оптимальных динамических измерений. Представлена параллельная процедура поиска оптимального решения, а также результаты имитационного моделирования системы

В заключении содержатся выводы по работе.

Библиографический список включает 138 наименований.

3. Научная новизна

1. Предложена методика представления математической модели сложной измерительной системы в виде системы леонтьевского типа, позволяющей учитывать связи между несколькими измерительными устройствами в виде алгебраических уравнений.

2. Предложена математическая модель оптимального динамического измерения с учетом инерционности наличия резонансов на выходе измерительного устройства и детерминированных помех в цепях и на выходе измерительного устройства, для всех разработанных математических моделей проведено аналитическое исследование и показана справедливость теорем о существовании единственного решения соответствующих задач.

3. Разработан численный метод решения задачи оптимального динамического измерения с учетом инерционности измерительного устройства и помех различной природы, отличающийся от известных тем что поиск приближенного решения производится в виде тригонометрических полиномов, а не степенных, как в аналогичных исследованиях, что позволяет сократить вычис-

лительную сложность алгоритмов и разработать методы распараллеливание вычислений.

4. Разработан параллельный алгоритм для решения задач оптимальных динамических измерений.

4. Степень обоснованности научных результатов и корректность выводов

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается корректным применением теории динамических измерений, теории вырожденных (полу)групп для решения уравнений соболевского типа и систем леонтьевского типа, методов оптимизации, методов распараллеливания вычислений. Корректность выводов обеспечивается строгостью доказательств и их совпадением в частных случаях с известными ранее результатами, подтверждением полученных результатов и сделанных выводов вычислительными экспериментами на модельных примерах.

Полученные результаты своевременно опубликованы, апробированы на различных всероссийских и международных конференциях. Диссертация Ю.В. Худякова имеет стройную, логически законченную структуру, автореферат соответствует содержанию диссертации. По теме диссертации соискателем опубликовано 14 научных работ. Среди них 4 статьи опубликованы в журналах из Перечня ведущих российских рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 2 статьи в журналах, индексируемых базами данных WoS и Scopus, 1 свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

5. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Полученные результаты развивают теории оптимальных динамических измерений, уравнений соболевского типа, оптимального управления и межотраслевого баланса. Итоги численно-аналитического исследования позволяют сделать вывод о применимости и эффективности предлагаемых методов при решении различных задач для измерительных систем с различным числом сенсоров, работающих в динамическом режиме; испытательных комплексов для определения, например, сил тяги двигателей различного назначения; многокомпонентных сенсоров, измеряющих несколько параметров работы в динамическом режиме, например, давление и температуру.

Кроме того, разработка новых программных систем с качественным интерфейсом пользователя (технического работника) для проведения вычислительных экспериментов, с адаптацией и интеграцией существующих программ позволит внедрить результаты в технологический и учебный процессы. Достоинством диссертации является сочетание теоретических выводов и возможности применения результатов в актуальных прикладных задачах. Теоретические результаты диссертации, предложенные алгоритмы численных методов и программ представляют интерес для применения в исследованиях научных коллективов Уральского научно-исследовательского института метрологии, Институ-

та математики и механики им. Н.Н. Красовского УрО РАН, Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Института динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, российских высших учебных заведений, которые проводят исследования в области теории уравнений соболевского типа, дескрипторных систем, динамических измерений и оптимального управления.

Содержание автореферата соответствует основному содержанию диссертации. Диссертация и автореферат написаны грамотно, стиль изложения доказательный, оба документа оформлены в соответствии с установленными требованиями.

6. Замечания по диссертации.

Содержательный анализ материалов диссертационной работы позволил сделать следующие замечания:

1) В п. 3.3 о сходимости численного метода для задачи оптимального динамического измерения при наличии детерминированных помех на выходе измерительного устройства утверждается, что она следует из результатов, полученных ранее другими авторами, приводится ссылка. Считаем, что необходимо было сформулировать эти результаты для исследуемой задачи, тем более что приводимый здесь текст абзаца п.3.3 (стр. 83) не дает понимания, о какой сходимости численного метода идет речь.

2) В ряде постановок задач оптимального динамического измерения, например во Введении и п. 2.4 (стр. 63), символ α используется и в начальном условии (2.4.2), и в функционале качества (2.4.3). Очевидно, что символ α имеет различный смысл, исходя из пояснений в тексте к начальному условию и функционалу, поэтому следовало использовать и разные обозначения.

3) В диссертации не приводятся результаты вычислительного эксперимента для экономической модели оптимального динамического измерения, хотя математическая модель и численный метод описаны для этого случая, и в комплексе программ этот случай реализован.

4) Текст диссертации содержит незначительное количество стилистических ошибок и опечаток, например, на стр. 48, 61 и др.

Приведенные замечания не уменьшают значимости представленных научных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

7. Общая оценка работы

Диссертационная работа Ю.В. Худякова «Численно-аналитические методы и алгоритмы исследования математических моделей оптимальных динамических измерений с учетом помех» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение для математического моделирования и численных методов. Полученные результаты соответствуют научной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Результаты диссертации являются новыми, строго обоснованы и получены авто-

ром самостоятельно. Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует пп 9-14 Положения о присуждении ученых степеней Министерства образования и науки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Худяков Юрий Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв о диссертации Ю.В. Худякова составлен доктором физико-математических наук, профессором Толоконниковым Львом Алексеевичем, доктором технических наук, доктором технических наук, доцентом Котовым Владиславом Викторовичем и кандидатом технических наук, доцентом Акименко Татьяной Алексеевной. Диссертация и отзыв заслушаны, обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры «Робототехника и автоматизация производства» ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет», протокол № 10 от 11 мая 2018 г.

Заведующий кафедрой робототехники
и автоматизации производства,
д.т.н., профессор

Ларкин Е.В.

Профессор кафедры прикладной математики
и информатики,
д.ф.-м. н., профессор

Толоконников Л.А.

Профессор кафедры робототехники
и автоматизации производства,
д.т.н., доцент

Котов В.В.

Доцент кафедры робототехники
и автоматизации производства,
к.т.н., доцент

Акименко Т.А.

Подписи Е.В.Ларкина, Л.А.Толоконникова, В.В.Котова и Т.А.Акименко заверяю
Ученый секретарь



Л.И. Лосева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет»

Адрес: 300012, г. Тула, пр. Ленина, 92, Телефон: +7 (4872) 35-34-44
Факс: +7 (4872) 35-81-81, e-mail: info@tsu.tula.ru, сайт: <http://tsu.tula.ru>

Кафедра робототехники и автоматизации производства ТулГУ
Тел: +7 (4872) 35-02-19, e-mail: elarkin@mail.ru