

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

пр. Ленина, 76, г. Челябинск, Россия, 454080
Тел./факс (351) 267-99-00, <http://www.susu.ru>, E-mail: info@susu.ru,

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
д.т.н., профессор

С.Д. Ваулин

« 2 » мая 2016 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию **Нгуена Дыка Банга** на тему **«Моделирование гидравлических и электрических цепей на основе теории вырожденных систем интегро-дифференциальных уравнений»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности **05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

В диссертационной работе Нгуена Дыка Банга изучаются модели гидравлических и электрических цепей на основе новых результатов в теории систем интегро-дифференциальных уравнений (ИДУ) с матрицей неполного ранга при старших производных искомой вектор-функции. В работе такие системы названы вырожденными.

Актуальность исследований. Модели гидравлических и электрических цепей являются составной частью моделей сложных энергетических установок (паровых котлов, турбин, систем регенераций либо всего комплекса энергоблока тепловых электростанций). От качества моделирования гидравлических и электрических цепей существенно зависит качество комплексной модели всей энергоустановки. Модели гидравлических и электрических цепей (ГЦ и ЭЦ) в работе описываются вырожденными системами ИДУ.

Подчеркнем, что различные современные модели в технических системах описываются взаимосвязанными системами дифференциальных, интегральных и алгебраических уравнений, которые можно представить в виде вырожденных систем ИДУ (т.е. с матрицей неполного ранга перед старшей производной искомой вектор-функции). Алгебраические уравнения определяют наличие в моделях балансовых соотношений, в частности, законов сохранения или уравнений состояния. Системы дифференциальных уравнений описывают динамику процессов. При наличии последствия математическая модель может

включать и интегральные уравнения. Численное решение краевых и начальных задач для вырожденных систем ИДУ сопряжено с большими трудностями. Прежде всего, отметим, что в рамках теории вырожденных систем ИДУ недостаточно исследованы свойства разрешимости, устойчивости решения к малым возмущениям и т.д. Кроме того, при переходе к дискретному аналогу вырожденных систем ИДУ, существенно меняются свойства разрешимости – исходная задача может иметь решение, а ее дискретный аналог при сколь угодно малом шаге дискретизации нет, может иметь место и обратная ситуация. Для таких систем начальные или краевые условия должны принадлежать определенным многообразиям в пространстве фазовых переменных.

Особенностью данной работы является исследование систем ИДУ в незамкнутом случае, т.е. когда количество уравнений не совпадает с размерностью искомой вектор-функции. В отличие от результатов предшественников. В работах В.Ф. Чистякова, М.В. Булатова, Е.В. Чистяковой, М.В. Фалалеева, С.С. Орлова, В.К. Горбунова, Е.Б. Кузнецова, С.С. Дмитриева и т.д. рассматривались только замкнутые системы, и вырожденность матрицы при производной в этом случае совпадает с тем, что определитель этой матрицы равен нулю. В данной работе впервые рассматриваются незамкнутые системы. Таким образом, считаем, что исследование, проведенное в данной работе, является актуальным.

Целью диссертационной работы стало исследование разрешимости вырожденных систем ИДУ, а также начальных, краевых задач для них с дальнейшим конструированием численных методов решения таких систем и применением их для расчета динамики сложных ГЦ, ЭЦ. Для достижения цели диссертации были **решены следующие задачи**: получены критерии разрешимости вырожденных систем ИДУ и начальных, краевых задач для них; разработаны численные методы и создан программы, реализующие эти методы; разработаны модели ГЦ, ЭЦ с автоматическими регуляторами на основе теории вырожденных систем ИДУ; полученные результаты применены при исследовании математических моделей. Отметим, что поставленные цель и задачи полностью достигнуты.

Достоверность результатов, полученных в диссертации, подтверждается доказательствами. Все основные утверждения четко сформулированы и полностью обоснованы, и приведенные обоснования соответствуют современному уровню математической строгости. Достоверность полученных результатов проиллюстрирована большим количеством вычислительных экспериментов.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в развитии математического моделирования и теории вырожденных ИДУ. Именно, предложен метод формирования вырожденных систем ИДУ, описывающих ГЦ и ЭЦ при наличии автоматических регуляторов и различных

законов падения давлений на ветвях ГЦ. Доказаны теоремы существования и единственности решений вырожденных систем ИДУ. Предложен численный метод решения для таких систем в незамкнутом случае.

Результаты диссертации могут быть использованы в Иркутском государственном техническом университете, Иркутском государственном университете, Южно-Уральском государственном университете (национальном исследовательском университете), Институте динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева, Институте математики им. С.Л. Соболева СО РАН, Ульяновском государственном университете, Московском авиационном институте (национальном исследовательском университете), Челябинском государственном университете.

Практическая значимость полученных результатов: модель, рассматриваемая в работе, представляет составную часть модели прямоточного котла и турбины, которые являются частью оборудования тепловой электростанции. Полные модели включают в себя системы, состоящие из сотен алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений. Полное теоретическое исследование таких больших систем не представляется возможным. На компактных моделях, рассматриваемых в данной диссертации, предполагается отрабатывать принципиальные вопросы построения полных моделей; разработанная программная система позволяет реализовать модели ГЦ и ЭЦ и рассчитывать режимы работы этих моделей. В силу чего результаты исследования обладают значимостью с практической точки зрения.

Диссертационная работа состоит из следующих разделов: введение, четыре главы, заключение, список литературы и 2 приложения. Она содержит 132 стр. основного текста, 2 стр. приложения, список литературы из 100 наименований.

По теме диссертации автором опубликовано 12 работ, из них 3 – в рецензируемых научных изданиях и журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 2 из которых – в журналах, индексируемых базой SCOPUS. Основные результаты диссертации в указанных публикациях отражены достаточно полно.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания:

1. В диссертации нет подробного описания вычисления определенных интегралов в формулах 2.5. и не указаны формулы соответствующих остатков при аппроксимации;

2. Как следует из таблицы 2.2 линейные системы, решаемые при реализации метода наименьших квадратов, имеют плохую обусловленность и нужен анализ влияния ошибок вычисления интегралов и ошибок округления на конечный результат;

3. Не совсем ясно: стоило ли приводить подробные технологические схемы на стр. 75, 76;

4. При анализе примера 1.3.1 решение не записано в виде формул 1.31.

5. В работе при указании соответствия паспортам специальностей, для специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ указываются пп. 1, 2, 3, 5. Считаем, что полученные результаты и содержание диссертации соответствуют пп. 2, 4, 5

6. В тексте диссертации четко не выделены направления дальнейшего развития исследований, хотя ознакомление с текстом диссертации позволяет получить представление об этом.

7. Текст диссертации содержит небольшое количество опечаток и стилистических погрешностей, не затрудняющих понимание сути дела. Например, при формулировке теоремы 1.2.1 матрицы \tilde{C}_0 , K_1 в формуле для ψ имеют размерность $(n \times (m - n))$, а не $(n \times m)$.

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертация производит хорошее впечатление, и замечания не снижают ее научную и практическую ценность.

Выводы: В диссертации проведено исследование математических моделей ГЦ и ЭЦ на основе вырожденных систем ИДУ, что позволяет учитывать наличие автоматических регуляторов и различных законов падения давлений на ветвях ГЦ. Предложен численный метод решения вырожденных систем ИДУ в незамкнутом случае, реализованный в виде программ. Это позволяет сделать вывод о том, что работа содержит оригинальные результаты одновременно из трех областей – математического моделирования, численных методов и комплексов программ. Диссертационное исследование соответствует следующим пунктам паспорта специальности: 2 – развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей; 4 – реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента; 5 – комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента. Работа содержит решение задачи построения моделей ГЦ и ЭЦ с автоматическими регуляторами на основе теории вырожденных систем ИДУ, что имеет существенное значение для математического моделирования в области теории гидравлических и эклектических цепей.

Таким образом, диссертация Нгуена Дыка Банга соответствует специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, имеет внутреннее единство и является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные разработки в области моделирования гидравлических и электрических цепей и исследования

качественных свойств соответствующих моделей и построения численных методов соответствующих систем.

Диссертация соответствует критериям, установленным п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842), а её автор Нгуен Дык Банг достоин присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Отзыв составлен профессором кафедры математического моделирования, доктором физико-математических наук, доцентом Келлер Алевтиной Викторовной. Диссертация и отзыв обсуждены, и отзыв утвержден на заседании кафедры математического моделирования (протокол № 9 от 05.05.2016 г.).

Отзыв подписали

Келлер Алевтина Викторовна,
Профессор кафедры математического моделирования,
д-р физ.-мат. наук, доцент, тел. (351) 267-96-18
e-mail: kellerav@susu.ru



Сагадеева Минзиля Алмасовна
Заведующий кафедрой математического моделирования,
д-р физ.-мат. наук, доцент, тел. (351) 267-96-18
e-mail: matmod@susu.ru



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет),
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76;

Сайт: <http://susu.ru>

Тел/факс: +7(351) 267-99-00

e-mail: info@susu.ru

Люгшии Келлер А.В.
Сагадеева М.А.
у доцента

