

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Ботороевой Марии Николаевны  
«Моделирование развивающихся систем на основе интегральных  
уравнений Вольтерра», представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18. –  
«Математическое моделирование, численные методы и комплексы  
программ»

Диссертационное исследование посвящено изучению развивающихся систем на основе динамических моделей, описываемых, так называемыми интегро-алгебраическими уравнениями (ИАУ) с переменными пределами интегрирования. Под ИАУ понимаются системы взаимосвязанных алгебраических уравнений и интегральных уравнений Вольтерра (ИУВ) первого и второго родов, представленные в виде интегрального уравнения с тождественно вырожденной матрицей перед главной частью. **Актуальность темы диссертационного исследования** складывается из:

1. наличия значительного количества приложений, в которых возникают соответствующие модели развивающихся систем, строгий математический анализ которых представляет существенную проблему;
2. отсутствия общих подходов к исследованию качественных свойств и к получению количественных численных результатов для ИАУ с переменными пределами интегрирования.

Последний пункт также **определяет новизну научных результатов** диссертационного исследования, которая подтверждается публикациями в ведущих рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК РФ.

**Обоснованность и достоверность результатов** подтверждается:

- строгими математическими доказательствами теорем о существовании и единственности непрерывного решения поставленных задач;
- обоснованием  $L$ -устойчивости разработанных соискателем численных методов решения систем интегральных уравнений Вольтерра второго рода;



- качественным соответствием полученных решений конкретных задач электроэнергетики результатам других исследователей и планам министерства энергетики РФ о вводе генерирующих мощностей.

Кроме того, в тексте диссертации демонстрируется согласованность полученных общих теоретических положений для ИАУ с переменными пределами интегрирования и известных результатов для их частных случаев (неклассических ИУВ первого рода и ИАУ с постоянным нижним пределом интегрирования).

**Практическая ценность результатов** состоит в том, что класс исследованных динамических моделей может использоваться для описания широкого спектра развивающихся систем. В третьей главе диссертации решается ряд прикладных задач электроэнергетики.

**Научная ценность результатов** заключается в достаточно полном исследовании ИАУ с переменными пределами интегрирования, линейно зависящими от времени:

- указано их место в классификации систем интегральных уравнений Вольтерра и описаны характерные трудности, возникающие при качественных исследованиях таких уравнений и их численном решении;

- доказаны теоремы существования и единственности непрерывных решений для выделенных классов задач (1.27) и (1.42);

- построены и программно реализованы многошаговые численные методы их решения.

Имеются следующие **замечания по** диссертационной работе.

1. В некоторых фрагментах своего исследования (см. Пример 1.4.3. пункт а и задачу из раздела 3.1) соискатель использует матрицу  $W(t) = E - A(t)A^{-1}(t)$ , для ее вычисления необходимо рассчитывать полуобратную матрицу  $A^{-1}(t)$ . Следовало бы указать, как это делается для матрицы  $A(t)$  произвольного вида и для матриц из указанного примера и задачи.



2. При выводе уравнений (1.31), (1.37), (1.45), (1.51) можно было пояснить, что слагаемое « $W(t)A(t)x'(t)$ » исчезает в силу формулы (1.1), т.к. в этом, по мнению оппонента, заключается важная конструктивная идея в соответствующих доказательствах.
3. В тексте диссертации встречаются некоторые опечатки, например, начальные значения компонент решения  $y_2(0), y_3(0)$  системы (2.3) нужно поменять местами.
4. В тексте диссертации встречаются некоторые ошибки грамматического и пунктуационного характера, но их количество незначительно.

Перечисленные замечания не влияют на положительную оценку работы в целом.

Основные положения и результаты исследования опубликованы в 9 работах, 4 из которых размещены в журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ. В дополнение к указанным публикациям по результатам диссертационного исследования получены 2 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Основные положения и результаты, выносимые на защиту, докладывались на всероссийских и международных научных семинарах и конференциях.

Содержание представленной диссертационной работы удовлетворяет паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», а именно пунктам областей исследования: 2, 3, 4.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Полагаю, что рассматриваемая диссертация **соответствует всем требованиям постановления правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»**, включая оценку соответствия п. 9. Она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, вносящую заметный вклад в область качественного исследования и

численного решения ИАУ с переменными пределами интегрирования и в область математического моделирования развивающихся систем.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Ботороевой Марии Николаевны удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, а ее автор заслуживает присуждения искомой степени по специальности 05.13.18. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

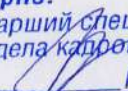
Официальный оппонент  
старший научный сотрудник  
лаборатории анализа и оптимизации  
нелинейных систем ФГБУН Институт  
вычислительных технологий СО РАН,  
кандидат физико-математических наук

Б. В. Семисалов



« 29 » ноября 2019 г.

Семисалов Борис Владимирович  
630090, г. Новосибирск,  
проспект Академика Лаврентьева, 6 (ИВТ СО РАН)  
тел.: +7 913 900 05 02  
vibis@ngs.ru

Верно:  
Старший специалист  
отдела кадров  
  
Н.Б. Колобова

29.11.2019

