

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный
технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.)**

ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054

Телефоны: (8452) 99-88-11;

факс (8452) 99-88-10;

(8452) 99-86-03; факс (8452) 99-86-04

E-mail: sstu_office@sstu.ru

28.04.2026 № *04/58-1538*

На № _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям
федерального государственного
бюджетного образовательного учре-
ждения высшего образования «Сара-
товский государственный техниче-
ский университет имени
Гагарина Ю.А.» ,
д/ф. профессор



_____ А.И. Землянухин

_____ апреля 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу

Соколовой Александры Алексеевны

на тему «Математическое моделирование течений жидкости
и электрохимического формообразования с использованием методов
численной фильтрации», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по научной специальности

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы
программ

Актуальность темы диссертационной работы

В современных условиях развития высокотехнологичных производств и курса на технологический суверенитет математическое моделирование процессов электрохимической обработки приобретает критическое значение. Оно позволяет заменить дорогостоящие натурные эксперименты виртуальными аналогами, оптимизировать технологические режимы и предотвратить брак при формообразовании труднообрабатываемых металлов. Однако существующие подходы часто не уделяют должного внимания строгой оценке погрешности и достоверности получаемых численных решений, особенно в нестационарных задачах со сложными граничными условиями. В диссертационной работе Соколовой А.А. успешно решается эта проблема: в работе разрабатываются новые численно-аналитические методы и программные комплексы для

ВХОД. № *1748-13*
«*30*» *04.* 20*26*г.

решения задач ЭХО, а также применяется процедура численной фильтрации для анализа полученных результатов вычислительного эксперимента. Решенные автором задачи отвечают актуальным запросам машиностроительной отрасли и соответствует приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса РФ.

Оценка структуры и содержания диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 106 наименований и приложений. Общий объем диссертации составляет 137 страниц. Оформление соответствует ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Во введении обосновывается актуальность темы, формулируются цель и задачи исследования, приводятся выносимые на защиту положения, отмечается их научная новизна, теоретическая и практическая значимость.

В первой главе проведен обзор методов математического моделирования задач гидродинамики и электрохимической обработки. Автор подробно анализирует проблему оценки погрешности численных решений и обосновывает применение численной фильтрации как инструмента валидации и уточнения получаемых решений. Также в главе проведен обзор и сравнение известных решений задачи о солитоне Стокса.

Вторая глава посвящена новому численно-аналитическому методу решения задачи о солитоне Стокса. Его ключевая особенность заключается в использовании интеграла Шварца на полосе. Точность расчётов повышается за счёт процедуры численной фильтрации, а результаты сравниваются с опубликованными ранее. Также в главе представлено описание, программная среда и блок-схема использованного в решении алгоритма.

Третья глава посвящена двум задачам электрохимической обработки. Разработано решение квазистационарной задачи копирования круглым электродом, основанное на конформных отображениях и методе коллокаций. Также в главе предложен метод численного решения задачи электрохимической обработки точечным электродом-инструментом в осесимметричной постановке, найдено распределение потенциала и плотности тока по поверхности анода, проведена оценка погрешности.

В четвёртой главе на основе численно-аналитического решения методом граничных элементов проведено комплексное исследование процесса электрохимического прорезания пазов с применением вращающегося электрода-инструмента. Определены критические значения угловой скорости вращения и угла импульсного включения напряжения, при которых возможно самопересечение границ.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы по диссертационной работе.

Научная новизна полученных результатов

В диссертации представлены новые научные результаты, соответствующие области исследования научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Замена диссертантом степенного ряда на интеграл Шварца в сочетании с проведенными вычислениями повышенной точности позволила независимо обосновать ранее полученные оценки для задачи о солитоне Стокса. Совпадение этих результатов с данными, уточнёнными методом численной фильтрации, показало эффективность применения данного алгоритма.

В диссертации впервые была решена осесимметричная задача электрохимического формообразования с применением точечного электрода-инструмента, учитывающая немонотонный характер зависимости анодного потенциала от плотности тока.

Диссертантом получено решение задачи квазистационарного копирования круглого электрод-инструмента. Проведено сравнение со стационарным решением, полученные результаты позволили определить форму заготовки в различные моменты времени и диапазон безразмерного времени, в котором квазистационарное решение совпадет с нестационарным.

На основе решения нестационарной задачи электрохимического прорезания пазов вращающимся электрод-инструментом выявлены зависимости между шириной получаемого паза и значениями угловой скорости вращения и угла импульсного включения напряжения, а также зависимости этих же параметров, при которых возможно самопересечение границ при выполнении поворота электрод-инструмента.

Достоверность и обоснованность результатов исследования

Обоснованность результатов обеспечивается чёткой математической формулировкой исследуемых проблем, а также грамотным применением вычислительных алгоритмов и средств математического моделирования. Теоретические положения подкреплены результатами вычислительных экспериментов, оценкой погрешности с помощью численной фильтрации и верификацией путём сравнения решений, полученных разными методами, кроме того, полученные решения согласованы экспериментальными данными. Методы исследования соответствуют современной методологии математического моделирования.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость обусловлена возможностью применения исследованного в диссертации подхода к оценке погрешности и уточнению решений путем численной фильтрации к широкому классу задач. Кроме того в работе расширены научные знания в области математического моделирования процессов электрохимической обработки.

Практическая значимость полученных решений подтверждена внедрением разработанных алгоритмов и программного обеспечения на отечественных предприятиях. Результаты также применимы в учебном процессе по направлениям вычислительной математики и математического моделирования.

Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки) по следующим пунктам:

1. п. 2 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий»;
2. п. 3 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»;
3. п. 7 «Качественные или аналитические методы исследования математических моделей»;

4. п. 8 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

Диссертационное исследование содержит все три составляющих названия специальности: в работе получены новые результаты в области математического моделирования, а также численных методов и комплексов программ.

Замечания по диссертационной работе

1. В главе 2 для повышения точности используется тип данных float128 и компилятор gcc version 4.8.2. Не обсуждается вопрос переносимости программного комплекса на современные архитектуры и не проводится сравнение производительности с современными библиотеками произвольной точности (например, MPFR или GMP).
2. В отдельных местах текста (например, при описании метода численной фильтрации) используются термины, требующие более строгого определения в контексте вычислительной математики. Рекомендуется уточнить различие между «оценкой погрешности», «размытостью оценки» и «достоверностью результата».
3. В задачах электрохимической обработки отсутствует обсуждение влияния упрощающих допущений модели (однородность электролита, изотропность) на адекватность заявленного прогноза.
4. На ряде рисунков (например, рис. 3.3.1–3.3.3, 4.4.1) отсутствуют размерные оси или явное указание масштаба, что затрудняет визуальную оценку геометрических изменений межэлектродного пространства.
5. Имеются отдельные опечатки и неточности в оформлении формул и ссылок на литературу, не влияющие на понимание материала.

Указанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационного исследования.

Рекомендации по использованию результатов диссертации

Результаты решения сформулированной научной задачи целесообразно использовать в дальнейшем при:

- разработке систем электрохимического формообразования;

- разработке нормативных документов и конструкторской документации, включая проектную документацию на проектируемые системы;

- экспертизе проектных материалов на создание (модернизацию) новых прототипов и систем электрохимического производства, а также в процессе научно-технического сопровождения проектно-поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Автореферат полностью и правильно отражает основные положения диссертации.

Публикации автора, включая работы, опубликованные в рецензируемых научных журналах, достаточно полно отражают содержание работы и позволяют оценить ее новизну и практическую значимость. По теме диссертации опубликовано 26 работ, из которых 7 статей в рецензируемых изданиях из перечня ВАК и 3 статьи в рецензируемых изданиях, индексируемых в Web of Science и Scopus, получено 2 свидетельства государственной регистрации программ для ЭВМ.

Заключение

Диссертационная работа Соколовой Александры Алексеевны «Математическое моделирование течений жидкости и электрохимического формообразования с использованием методов численной фильтрации» выполнена на высоком научном уровне и является законченным научно-квалификационным исследованием, обладающим актуальностью, научной новизной, а также теоретической и практической значимостью. В диссертации изложены решения задач электрохимического формообразования, имеющие существенное значение для математического моделирования сложных нестационарных процессов.

Диссертация соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Соколова Александра Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры «Информационная безопасность автоматизированных систем» ФГБОУ ВО «Саратовский государ-

ственный технический университет им. Гагарина Ю.А.» 21 апреля 2026 г., протокол № 7.

Отзыв составил
заведующий кафедрой
«Информационная безопасность
автоматизированных систем»
д. ф.-м. н., доцент

 Кондратов Дмитрий Вячеславович
27.04.2026

Сведения о составителе отзыва:

Кондратов Дмитрий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент. Защитил докторскую диссертацию в 2009 году по специальностям 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» в ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.». Контактный телефон: +7 917-210-44-91, e-mail: kondratovdv@yandex.ru

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Адрес: 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, д. 77

Телефон: +7 (8452) 99-88-11, 99-86-03

e-mail: rectorat@sstu.ru

Подпись Кондратова Д.В. заверено

