



УТВЕРЖДАЮ
проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Уфимский университет
науки и технологий»
д. ф. м. н. доцент

И. Ф. Шарафуллин

« 11 » _____ 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Уфимский университет науки и технологий»

Диссертация «Математическое моделирование течений жидкости и электрохимического формообразования с использованием методов численной фильтрации» выполнена на кафедре вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации соискатель Соколова Александра Алексеевна обучалась в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерства науки и высшего образования РФ по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

В 2012 г. Соколова А.А. окончила бакалавриат ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению «Математика. Компьютерные науки».

В 2014 г. Соколова А.А. окончила магистратуру ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» по направлению 010400 Прикладная математика и информатика.

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2018 г. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет».

В настоящее время Соколова А.А. работает ассистентом кафедры вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2022 г. ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук Шерыхалина Наталия Михайловна, профессор кафедры вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Диссертационная работа Соколовой А.А. «Математическое моделирование течений жидкости и электрохимического формообразования с использованием методов численной фильтрации» является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024). В работе содержатся научно обоснованные исследования задач гидродинамики и электрохимического формообразования с различными условиями на подвижных границах для математического моделирования физических и технологических процессов.

2. Соискателем лично получены все основные результаты, выносимые на защиту:

- методы анализа и валидации математических моделей нестационарного электрохимического формообразования со сложными граничными условиями на основе методов численной фильтрации;

- численно-аналитический метод решения задачи о солитоне Стокса и плоских и осесимметричных задач электрохимического формообразования со сложными граничными условиями с использованием алгоритма численной фильтрации;

- численно-аналитический метод решения нестационарной задачи электрохимического формообразования для случая использования вращающегося электрода-инструмента;

- алгоритмы и комплексы программ для решения задачи о солитоне Стокса и задач нестационарного электрохимического формообразования со сложными граничными условиями на основе разработанных численно-аналитических методов;

- результаты комплексного исследования процессов электрохимического формообразования на основе результатов вычислительного эксперимента, оценки эффективности предложенных методов, алгоритмов и их численных реализаций.

В перечисленных в автореферате работах соискателем лично получены следующие результаты:

- в работе [1] смоделирован процесс квазистационарного копирования круглого электрода-инструмента для предельного режима обработки. Разработан численно-аналитический метод и получено численное решение, которое, будучи уточненным с помощью численной фильтрации, согласуется с результатами натурального эксперимента;

- в работе [2] с помощью метода граничных элементов найдено решение задачи о прорезании пазов эллипсоидальным электрод-инструментом, проведены исследования для электрод-инструмента с различными соотношениями полуосей и различной продолжительностью процесса;

- в работе [3] разработан численно-аналитический метод и получено решение задачи о солитоне Стокса; описан и применен метод численной фильтрации результатов вычислительного эксперимента;

- в работе [4] решена задача об электрохимической обработке точечным электродом-инструментом в пассивирующем электролите в осесимметричной постановке, разработан численно-аналитический метод, позволивший использовать для моделирования экспериментальные данные, а именно, немонотонную зависимость особого вида плотности тока от анодного потенциала;

- в работе [5] получено решение задачи прорезания пазов вращающимся эллипсоидальным электродом-инструментом, найдены ограничения для параметров процесса;

- в работе [6] проведен анализ идеи метода численной фильтрации на примере производной элементарной функции, продемонстрирована работоспособность метода;

- в работе [7] предложен подход к оценке погрешности, основанный на применении альтернативного численного метода, обеспечивающего повышенную точность за счет увеличения разрядности вычислений, который позволяет провести независимую проверку и подтвердить корректность оценок.

- в работе [8] моделируется квазистационарная электрохимическая обработка катодом зубчатой формы;

- в работе [9] рассмотрена задача моделирования осесимметричного прецизионного электрохимического формообразования;

- в работе [10] представлен метод фильтрации численных результатов решения задачи Хеле-Шоу, показано, что он позволяет избежать неопределенности и ограничений правил Рунге и Ромберга при оценке погрешностей численных данных;

- в работе [11] проведено моделирование процесса электрохимической обработки вертикальным пластинчатым катодом при ступенчатой функции выхода по току;

- в работе [12] проведено моделирование процесса электрохимической обработки круглым электродом-инструментом;

- в работе [13] задача о солитоне Стокса решена альтернативным методом; полученное уточненное решение подтвердило ранее полученные оценки погрешности;

- в работе [14] рассмотрено кавитационное обтекание кругового цилиндра; полученные численные значения были оценены и уточнены с помощью численной фильтрации, что дало возможность подтвердить гипотезу о наличии локальных экстремумов параметров течения вблизи гладкого отрыва;

- в работе [15] получено численное решение задачи о солитоне Стокса с краевыми условиями, заданными в дифференциальном виде;

- в работе [16] проведено моделирование электрохимической обработки вращающимся плоским электродом-инструментом; с помощью метода граничных элементов найдено численное решение задачи, а также проведено исследование, позволившее обнаружить и объяснить эффект образования волнообразной формы одной из боковой границ паза анода;

- в работе [17] проведено моделирование стационарного процесса электрохимического осесимметричного формообразования точечным электродом-инструментом; получены численные значения (с оценкой погрешности) геометрических и физических параметров;

- в работе [18] найдены закономерности накопления погрешности округления при решении некоторых вычислительных задач;

- в работе [19] проведено моделирование квазистационарной электрохимической обработки горизонтально движущимся электродом-инструментом с изолированной поверхностью.

- в работе [20] представлены решения задач математического моделирования процессов гидродинамики и электрохимической обработки с помощью численно-аналитических методов;

- в работе [21] описано практическое применение метода численной фильтрации на примере простой функции;

- в работе [22] проведено численное исследование различных методов интерполяции функций;

- в работе [23] представлено исследование влияния угла поворота электрод-инструмента на параметры электрохимической обработки;

- в работе [24] представлено решение задачи о кавитационном обтекании мягкой воздухоопорной оболочки и проведен анализ численных результатов.

Опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертационной работы. Все основные положения и результаты, выносимые на защиту, отражены в публикациях автора: по главе 1 – [6, 7, 10, 18, 21, 22] по главе 2 – [3, 13, 14, 15, 20, 24]; по главе 3 – [1, 4, 8, 9, 11, 12, 17, 19]; по главе 4 – [2, 5, 16, 23]. Пять работ написано автором единолично, другие совместно с научным руководителем или другими членами научного коллектива.

3. Достоверность результатов диссертации подтверждается их сравнением с результатами других авторов, корректным использованием математического аппарата, согласованием вычисленных значений с экспериментальными данными, а также приведенными оценками погрешности на основе численной фильтрации и верификацией алгоритмов и программ путем сравнения оценок, полученных разными методами.

4. Научная новизна результатов, выносимых на защиту:

- новизна метода анализа математических моделей нестационарного электрохимического формообразования со сложными граничными условиями заключается в том, что к результатам решения известной задачи гидродинамики новым численно-аналитическим методом был успешно применен метод численной фильтрации, что позволило обосновать возможность его использования для анализа математических моделей и уточнения результатов задач электрохимического формообразования;

- новизна численно-аналитического метода решения задачи о солитоне Стокса заключается в применении интеграла Шварца вместо степенного ряда, а также использовании краевых условий в дифференциальном виде и в примене-

нии численной фильтрации, что позволило уменьшить погрешность решения до 10^{-16} . Впервые рассмотрена и решена осесимметричная задача об электрохимической обработке точечным электродом-инструментом при немонотонной зависимости анодного потенциала от плотности тока. В задаче об электрохимическом формообразовании круглым в сечении электродом-инструментом было получено квазистационарное решение, что позволило определить форму заготовки в различные моменты времени и диапазон времени, в котором квазистационарное решение совпадет с нестационарным;

- новизна численно-аналитического метода решения нестационарной задачи электрохимического формообразования для вращающегося электрода-инструмента заключается в том, что впервые была решена задача с выполнением поворота электрода-инструмента. Полученные результаты моделирования позволили получить характеристики данного процесса формообразования и определить значения параметров, при которых процесс становится небезопасным;

- новизна алгоритмов и комплексов программ обусловлена новизной предложенных моделей и численных методов. Отличительной особенностью программной реализации решения задачи о солитоне Стокса является использование типа данных `float128` и адаптация алгоритма для компилятора, позволяющего проводить вычисления с 34 значащими цифрами после запятой. Применение численной фильтрации на этапе постпроцессорной обработки показало возможность получения решений задач нестационарного электрохимического формообразования с увеличенной точностью без завышения разрядности вычислений;

- новизна результатов вычислительных экспериментов комплексного исследования процессов электрохимического формообразования заключается в том, что был обнаружен ряд эффектов, таких как изменение геометрии обрабатываемой поверхности и короткое замыкание, свойственных нестационарным процессам формообразования при обработке вращающимся электродом-инструментом, которые хорошо согласуются с результатами натуральных экспериментов.

5. Теоретическая и практическая значимость

Расширены научные представления о роли постпроцессорной обработки результатов численных экспериментов в задачах гидродинамики и электрохимического формообразования, обосновано применение метода численной фильтрации для повышения точности и достоверности результатов решения задачи о солитоне Стокса и задач электрохимического формообразования. На примере вычисления значения числа Фруда продемонстрирована высокая точность численных методов и подтверждена работоспособность рассмотренных эвристических методов получения оценок погрешности, что позволяет применять эти методы для широкого класса практически важных вычислительных экспериментов. В осесимметричной задаче об электрохимической обработке точечным электродом-инструментом при немонотонной зависимости анодного потенциала от плотности тока найдены распределения потенциала, напряженности и

численные значения, характеризующие эти параметры. Оценка погрешности параметров, показала, что значения потенциала вычислены с точностью до 10^{-4} .

Практическая значимость решения задачи о солитоне Стокса заключается в повышении точности вычислений параметров Солитона до двух единиц 15-го разряда. За счет оптимизации реализации численного алгоритма сокращено время работы программы в 1.5 раза. Тестирование и анализ аппаратно-программных средств позволили подобрать благоприятную среду и тип данных для проведения сложных вычислений, применяемых к числам с длинной мантиссой, что подтверждается свидетельствами о регистрации программ. Проведенные численные исследования технологий электрохимического формообразования позволили получить характеристики нестационарных процессов формообразования при обработке вращающимся электродом-инструментом. Это дало возможность за счет оптимизации траектории движения электрод-инструмента повысить производительность на 5% и исключить короткое замыкание. Практическое применение результатов решения задачи моделирования электрохимического формообразования сократило время отладки процесса электрохимической обработки деталей на 30%.

Практическая значимость результатов подтверждается их внедрением на предприятиях ООО «СЕМАТ» (г. Москва) и ЗАО НПО «ПАРАЛЛЕЛЬ» (г. Уфа), а также в учебном процессе на кафедре Вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» при изучении дисциплин «Методы вычислений», «Приближенные вычисления» при подготовке бакалавров по направлениям «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» и «Программная инженерия».

6. Ценность научных работ заключается в том, что в результате выполненных исследований были получены следующие результаты:

- проведено исследование методов математического моделирования задач гидродинамики и электрохимического формообразования с целью повышения надежности численных решений. Разработаны методы анализа и валидации математических моделей нестационарного электрохимического формообразования со сложными граничными условиями на основе методов численной фильтрации. В ходе исследований было установлено, что фильтрация, выполняемая на этапе постпроцессорной обработки данных численного эксперимента, дает возможность получить достоверные оценки погрешности (сравнение с предыдущим полученным отфильтрованным значением показало отличие $-1,5 \cdot 10^{-15}$) и существенно повысить точность и эффективность численных алгоритмов;

- разработан новый численно-аналитический метод решения задачи о солитоне Стокса с применением интеграла Шварца и краевых условий в дифференциальном виде. Также, разработаны численно-аналитические методы решения нестационарных плоских и осесимметричных задач электрохимической обработки со сложными граничными условиями с использованием алгоритма численной фильтрации, что позволило уменьшить погрешность до 10^{-4} . Кроме того, было показано, что применение модели скачкообразной зависимости вы-

хода по току позволяет получить формы, существенно более близкие к экспериментальным, что подтверждает адекватность применяемых моделей;

- разработан численно-аналитический метод решения нестационарной задачи электрохимического формообразования для случая использования вращающегося электрода-инструмента. Метод позволяет учитывать динамические граничные условия, обусловленные вращением инструмента, а также импульсное включение напряжения в течение части периода вращения. Полученные результаты моделирования позволили получить характеристики данного процесса формообразования и определить значения параметров, при которых процесс становится небезопасным;

- разработаны алгоритмы и комплексы программ для решения задачи о солитоне Стокса и задач нестационарного электрохимического формообразования со сложными граничными условиями на основе разработанных численно-аналитических методов. Вычисление параметров солитона Стокса с увеличенной длиной мантисы машинного слова дало возможность декларировать точность до двух единиц 15-го разряда, что подтверждает работоспособность и эффективность метода фильтрации для уточнения решения. Применение метода фильтрации позволило решить задачу о распределении электрического поля и поля токов между точечным электродом-инструментом и плоским анодом при условии переменности анодного потенциала с немонотонной зависимостью анодного потенциала от нормальной составляющей плотности тока;

- исследована эффективность предложенных моделей, численных методов и комплексов программ на основе проведенных вычислительных экспериментов. Сравнение полученных расчетных данных с результатами натурального эксперимента показало их качественное совпадение.

7. Обоснование выбранной специальности диссертации и отрасли науки

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, поскольку работа посвящена методам исследования математических моделей в областях гидродинамики и электрохимического формообразования, разработке численно-аналитических методов и их модификаций, а также созданию комплекса программ.

При этом работа соответствует следующим пунктам паспорта специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ:

- *п.2. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий*, поскольку значительная часть диссертационных исследований заключается в разработке, совершенствованию и применению методов фильтрации численных результатов для получения оценок погрешности численных решений, их обоснованию, а также проведению тестирования путем сравнения с решениями, полученными другими методами.

- п.3. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента, поскольку разработаны эффективные численно-аналитические методы решения задач гидродинамики и электрохимической обработки в различных постановках, реализованные комплексом программ.

- п.7. Качественные или аналитические методы исследования математических моделей (технические науки), поскольку в работе получены решения задачи копирования круглого ЭИ в предельно-квазистационарном приближении.

- п.8. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента, поскольку проведен обширный вычислительный эксперимент, в результате которого найдены распределения составляющих плотности тока при немонотонной зависимости от потенциала границы, найдены формы обрабатываемой поверхности при различных процессах электрохимической обработки и обнаружено появление волнообразного формообразования границы при обработке вращающимся ЭИ, кроме того найдены параметры, при которых процесс обработки становится небезопасным с точки зрения возникновения короткого замыкания.

Отрасль науки – технические науки, поскольку приведенные результаты исследований представляют собой научно-прикладные сведения о моделировании процессов электрохимической обработки, которые позволяют прогнозировать результаты и оптимизировать технологические параметры электрохимического формообразования.

8. Полнота изложения материалов диссертации

Основные результаты диссертации опубликованы в 26 научных изданиях, в том числе 7 работ – в рецензируемых журналах из списка ВАК, 3 статьи индексируются в базах данных Scopus и WoS, 14 статей в прочих изданиях. Получены 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных автором, достаточная. Общий объем публикаций – 9,4 п.л., авторский вклад 4,6 п.л.

Статьи в научных журналах, включенных в перечень ВАК РФ

1. Житников В. П., Шерыхалина Н. М., Соколова А. А. Предельно-квазистационарное копирование круглого электрод-инструмента // Вестник УГАТУ. – 2017. Т. 21, №1. С. 173–179.
2. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Чукалова А.О., Соколова А.А. Моделирование нестационарной электрохимической обработки эллипсоидальным электрод-инструментом // Вестник УГАТУ. 2017. – Т. 21, №1. – С. 24–32.
3. Житников В. П., Шерыхалина Н.М., Соколова А.А. Оценка погрешности и ее обоснование с помощью фильтрации численных результатов, полученных при разных числах узловых точек сетки // Известия Самарского научного центра РАН. 2017. – Т. 19, № 1 (2). С. 401–405.

4. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Соколова А.А. Осесимметричная задача об электрохимической обработке точечным электродом-инструментом в пассивирующем электролите // Южно-Сибирский научный вестник. – 2019. – № 2 (26). – С. 175–179.
5. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Соколова А.А. Моделирование процесса прорезания пазов вращающимся электродом-инструментом // Южно-сибирский научный вестник. – 2019. – № 4 (28). – С.146–151.
6. Соколова А.А. Уточнение результатов вычислений методом численной фильтрации на примере производной элементарной функции // XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2021. – № 4 (56). – С. 98–101.
7. Sokolova A.A., Sherykhalina N.M., Shaymardanova E.R. Verification of the numerical filtering method results by calculation with increased bit width // Системная инженерия и информационные технологии. – 2024. –Том 6, № 4 (19). – С. 62–68.

В изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science

8. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Zaripov A.A., Sokolova A.A. Quasi-stationary solution of a problem of electrochemical copying of a cogged surface // Russian Mathematics. 2017, – Vol. 61, № 8, – P. 76–80.
9. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Porechny S.S., Sokolova A.A. Modelling of the axisymmetric precision electrochemical shaping // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSU MMCS, Chelyabinsk, Russia), 2020. – Vol. 13, № 1. – P. 39–51.
10. Zhitnikov V.P., Sherykhalina N.M., Porechny S.S., Sokolova A.A. Multi-stage filtering of numerical solutions with an application to the Hele-Shaw problem // 7th All-Russian Scientific Conference on Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS 2020). October 6–9. – Ufa: Stavropol-Khanty-Mansiysk, Russia, 2020. – Vol. 174. – P. 178–185.

В других изданиях

11. Соколова А.А. Стационарная электрохимическая обработка вертикальным пластинчатым катодом при ступенчатой функции выхода по току // Всерос. молодежн. научн. конф. «Мавлютовские чтения»: сб. тез. докл. Уфа: УГАТУ, 2011. – Т.5. – С. 71–72.
12. Соколова А.А. Стационарная электрохимическая обработка круглым катодом // Всерос. молодежн. научн. конф. «Мавлютовские чтения»: сб. трудов. Уфа: УГАТУ, 2012. – Т.5 (Часть 1). С. 71-73.
13. Соколова А.А. Альтернативный метод решения задачи о солитоне Стокса как доказательство ранее полученных оценок погрешности // Современные проблемы математического моделирования, обработки изображений и параллельных вычислений 2017 (СПММОИиПВ-2017): труды Междунар. науч. конф. (пос. Дивноморское, 4–11 сентября 2017 г.) Том I. – Ростов-на-Дону: ООО «ДГТУ-Принт», 2017. – С. 253–260.
14. Соколова А.А. Кавитационное обтекание оболочки по несимметричной схеме Рябушинского // Межвузовский научный конгресс. Высшая школа: Научные исследования. – Москва: Изд. Инфинити, 2019. – С. 220–230.

15. Житников В.П., Соколова А.А. Решение задачи о солитоне Стокса с краевыми условиями, заданными в дифференциальном виде // Мавлютовские чтения: труды Всерос. молодежн. научн. конф. – Уфа: УГАТУ, 2016. – Т. 4. – С. 37–41.
16. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Соколова А.А. Моделирование электрохимической обработки вращающимся пластинчатым электрод-инструментом // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 06 (60), Ч. 3. – С. 127–132.
17. Шерыхалина Н.М., Зиннатуллина О.Р., Соколова А.А. Моделирование стационарного процесса электрохимического осесимметричного формообразования точечным электродом-инструментом // Успехи современной науки. Белгород. 2017. – Том 2, № 8. С 137–144.
18. Житников В.П., Соколова А.А., Шерыхалин К.О. Закономерности накопления погрешности округления при решении некоторых вычислительных задач // Труды 5-й межд. конф. «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений», 16–19 мая, Уфа: Россия, 2017., – Т.1. С. 165–169.
19. Федорова Г.И., Соколова А.А., Максютова Г.Р. Моделирование квазистационарной электрохимической обработки горизонтально движущимся электродом-инструментом с изолированной передней поверхностью // Труды XXXVI-й межд. науч. конф. «Современные концепции научных исследований», Москва: Евразийское научное объединение, 2018. – № 2 (36). – С. 17–20.
20. Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Федорова Г.И., Соколова А.А. Математическое моделирование процессов гидродинамики и электрохимической обработки с помощью численно-аналитических методов // Системная инженерия и информационные технологии. – 2021. –Том 3, № 1 (5). – С. 58–64.
21. Sherykhalina N.M., Sokolova A.A., Shaymardanova E.R. The practical application of numerical filtering method by example of calculating the simple functions derivative // Системная инженерия и информационные технологии. – 2022. –Том 4, № 2 (9). – С. 24–29.
22. Sherykhalina N.M., Sokolova A.A., Shaymardanova E.R. Numerical investigation of the different interpolation methods // Системная инженерия и информационные технологии. – 2023. –Том 5, № 1 (10). – С. 67–75.
23. Sokolova A.A., Shaymardanova E.R., Sherykhalina N.M., Porechny S.S. Researching of influence of rotation angle of tool electrode for electrochemical machining of material // Системная инженерия и информационные технологии. – 2024. – Том 6, № 1 (16). – С. 16–22.
24. Шаймарданова Е.Р., Соколова А.А. Кавитационное обтекание мягкой воздухоопорной оболочки // Мавлютовские чтения: труды XVIII Всерос. молодежн. научн. конф. – Уфа: УУНиТ, 2024. – Т.5. С. 167–170.

Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

25. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ РФ №2018619757. Программа расчета параметров солитона Стокса / Житников В.П., Шерыхалина Н.М., Соколова А.А. Зарег. М.: Роспатент. 10.08.2018.
26. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ РФ №2025611363. Программа расчета составляющих напряженности при ЭХО в

осесимметричной постановке / Соколова А.А., Шерыхалина Н.М. Зарег. М.: Роспатент. 17.01.2025

Диссертация Соколовой А.А. соответствует п. 14 Положения о порядке присуждения ученых степеней:

- отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации;
- соискатель ссылается на авторов и источники заимствования.

Диссертация «Математическое моделирование течений жидкости и электрохимического формообразования с использованием методов численной фильтрации» Соколовой А.А. рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Вычислительной математики и кибернетики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» Министерства науки и высшего образования РФ.

Присутствовало на заседании 36 человек, в том числе 10 докторов наук.

Результаты голосования: «за» – 36 человек, «против» – нет, «воздержалось» – нет.

Протокол № 4 от 9 декабря 2025 г.

Председатель заседания,

зав. кафедрой ВМиК

Г.Р. Шахматова



Подпись *Шахматова Г.Р.*
Достоверно «11» 12 2025.
Заместитель начальника общего отдела УУНИТ
Рашилова Д.Ф.