

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
и цифровому развитию

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского»

Алексей Александрович Короновский



«30» _____ 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения

высшего образования «Саратовский национальный исследовательский
государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»

по диссертации Сафрончик Марии Ильиничны

«Математическое моделирование нестационарного течения

«запаздывающих» вязкопластических сред бингамовского типа с учетом
эффекта «пристенного скольжения» на базе реологической модели Слибара-
Паслая»

на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»,

выполненной на кафедре математической кибернетики и
компьютерных наук.

Тема диссертационной работы утверждена приказом ректора СГУ от 28
октября 2022 г. № 148-Д.

Соискатель Сафрончик Мария Ильинична в 2001 году успешно окончила Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского по специальности «Прикладная математика» с присвоением квалификации «математик». В 2022 г. окончила аспирантуру Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» по направлению 09.06.01 – «Информатика и вы-

числительная техника», направленность «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». В настоящий момент работает в должности старшего преподавателя кафедры математической кибернетики и компьютерных наук Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.

Справка о сданных кандидатских экзаменах № 51-2023 выдана Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» от 26.06.2023.

Научный руководитель Андрейченко Дмитрий Константинович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математического обеспечения вычислительных комплексов и информационных систем на базе филиала ООО «ЭПАМ Систэмз» в г. Саратове факультета компьютерных наук и информационных технологий, утвержденный приказом ректора СГУ от 28 октября 2022 г. № 148-Д, представил **положительный отзыв** о диссертации и соискателе.

Научную экспертизу диссертация проходила на совместном заседании кафедры математической кибернетики и компьютерных наук и кафедры математического обеспечения вычислительных комплексов и информационных систем математического обеспечения вычислительных комплексов и информационных систем на базе филиала ООО «ЭПАМ Систэмз» в г. Саратове факультета компьютерных наук и информационных технологий с приглашением специалистов по профилю диссертации из других структурных подразделений СГУ и других образовательных учреждений высшего образования и научных учреждений.

На заседании присутствовали:

- Миронов Сергей Владимирович, к.ф.-м.н., доцент, декан факультета компьютерных наук и информационных технологий, заведующий кафедрой математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Богомолов Алексей Сергеевич, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Кушников Вадим Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Романов Валерий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;

- Абросимов Михаил Борисович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретических основ компьютерной безопасности и криптографии факультета КНИТ СГУ;
- Блинков Юрий Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математического и компьютерного моделирования механико-математического факультета СГУ;
- Сидоров Сергей Петрович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой теории функций и стохастического анализа механико-математического факультета СГУ;
- Вешнева Ирина Владимировна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем и технологий в обучении факультета КНИТ СГУ;
- Кондратов Дмитрий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»;
- Жигалов Максим Викторович, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры «Математика и моделирование» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»;
- Андрейченко Дмитрий Константинович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой математического обеспечения вычислительных комплексов и информационных систем факультета КНИТ СГУ на базе филиала ООО «ЭПАМ Систэмз» в г. Саратове;
- Батраева Инна Александровна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Иванов Александр Сергеевич, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Иванова Анна Сергеевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Кондратова Юлия Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Папшев Сергей Владимирович, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;

- Петров Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Соловьев Владимир Михайлович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ
- Сафрончик Мария Ильинична, старший преподаватель кафедры математической кибернетики и компьютерных наук факультета КНИТ СГУ;
- Кузнецов Александр Владимирович, доцент кафедры математического обеспечения вычислительных комплексов и информационных систем факультета КНИТ СГУ на базе филиала ООО «ЭПАМ Систэмз» в г. Саратове;
- Сухов Сергей Александрович, доцент кафедры математического обеспечения вычислительных комплексов и информационных систем факультета КНИТ СГУ на базе филиала ООО «ЭПАМ Систэмз» в г. Саратове.

Рецензенты диссертации:

- Блинков Юрий Анатольевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математического и компьютерного моделирования механико-математического факультета СГУ, представил **положительный отзыв**;
- Кондратов Дмитрий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой «Информационная безопасность автоматизированных систем» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», представил **положительный отзыв**.

По итогам обсуждения диссертации принято следующее **заключение**:

Работа посвящена разработке математических моделей для ряда задач неустановившемся течении вязкопластических сред, а также методов численного анализа и компьютерного моделирования применительно к соответствующему классу начально-краевых задач. Многочисленные материалы со сложной реологией, используемые в различных отраслях химической, нефтяной, пищевой промышленности, медицины и других, проявляют как свойства вязкости, так и пластичности. Такие среды называют вязкопластическими и к ним можно отнести цементные и глинистые растворы, торфомассы, различные виды смол и битумов, масляные краски и т.д. Исследование поведения таких сред имеет большое прикладное значение для оптимизации различных технологических процессов. Механизмы течения таких сред весьма специфичны и значительно отличаются от обычных, ньютоновских жидкостей, что

обусловлено наличием сложной внутренней структуры. Наличие различных фаз течения приводит к необходимости решения начально-краевых задач типа Стефана с подвижной границей, что значительно осложняет применение методов численного анализа. Вместе с тем, наибольший интерес в задачах подобного типа представляет по возможности более точное моделирование законов движения границ между подвижными областями, занятыми отдельными фазами течения.

Следовательно, тема работы является **актуальной**.

Научная новизна работы обусловлена тем, что автором предложены математические модели неустановившихся течений вязкопластических сред, и для данного класса начально-краевых задач разработан метод прямого численного моделирования, основанный на отображении области с подвижной границей на неподвижную область, применении дискретизации по независимой пространственной переменной на основе проекционного метода Галеркина, и дальнейшего численного интегрирования по времени системы обыкновенных дифференциальных уравнений. По сравнению с ранее известными, данный метод позволяет более точно определить положение границы раздела фаз течения и применим на всех этапах компьютерного моделирования (развитие течения, переходные этапы, восстановление структуры). Следовательно, открывается возможность детального моделирования эволюции отдельных фаз течения. Представляет интерес выполненное в работе компьютерное моделирование влияния проскальзывания среды вдоль твердой стенки на параметры течения. При развитии вязкопластического течения возникающая область течения характеризуется исчезающе малой (нулевой) протяженностью в начальный момент, и это приводит к возникновению особенности у соответствующих начально-краевых задач. Для их корректной постановки предложено использовать методы асимптотического интегрирования.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректной математической постановкой задач, адекватно описывающей рассматриваемые физические процессы, применением апробированных методов качественного и численного анализа математических моделей и подтверждается тестовыми расчетами и согласованием результатов численного моделирования с полученными аналитическими решениями.

Теоретическая значимость работы связана с развитием методов математического моделирования многофазных течений вязкопластических сред и методов численного интегрирования начально-краевых задач типа Стефана с подвижной границей. **Практическая значимость** работы заключается в том, что при бурении скважин и их освоении, при добыче нефти и торфа, при изготовлении цемента, пластмасс, стекла, различных пищевых продуктов, при прокатке металлов и в других производствах целый ряд процессов связан с использованием вязкопластических материалов. Полученные результаты могут быть использованы при подготовке расчетов технологических процессов,

связанных с использованием вязкопластических материалов. Также материалы работы могут быть использованы в высшей школе в процессе обучения бакалавров, специалистов и магистров в лекционных курсах по математическому и компьютерному моделированию в прикладной гидромеханике неньютоновских жидкостей. Автором получено свидетельство о государственной регистрации разработанного программного комплекса.

Личный вклад автора: разработка математических моделей неустановившихся многофазных течений вязкопластических сред; разработка и реализация методов численного интегрирования начально-краевых задач типа Стефана с подвижной границей на основе отображения подвижной области на неподвижную и дальнейшего применения проекционного метода Галеркина; применение методов асимптотического интегрирования для корректной постановки начально-краевых задач о развитии течений вязкопластических сред; разработка программного комплекса и реализация компьютерного моделирования.

Основное содержание работы изложено в 13 публикациях, из них 3 статьи в журналах, входящих в список изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Получено свидетельство о государственной регистрации программ.

В диссертации построены новые математические модели неустановившихся многофазных течений вязкопластических сред, и изложены новые научно обоснованные методы их компьютерного моделирования. Диссертация выполнена самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Опубликованные работы соответствует основному содержанию диссертации.

Диссертация Сафрончик Марии Ильиничны на тему «Математическое моделирование нестационарного течения «запаздывающих» вязкопластических сред бингамовского типа с учетом эффекта «пристенного скольжения» на базе реологической модели Слибара-Паслая» соответствует следующим направлениям в области исследований по паспорту научной специальности 1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ:

«1. Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений (физико-математические науки)»,

«2. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий»,

«3. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»,

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

Диссертационная работа Сафрончик Марии Ильиничны на тему «Математическое моделирование нестационарного течения «запаздывающих» вязкопластических сред бингамовского типа с учетом эффекта «пристенного скольжения» на базе реологической модели Слибара-Паслая» **соответствует** требованиям п.п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация «Математическое моделирование нестационарного течения «запаздывающих» вязкопластических сред бингамовского типа с учетом эффекта «пристенного скольжения» на базе реологической модели Слибара-Паслая» Сафрончик Марии Ильиничны **рекомендуется к защите** на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» как удовлетворяющая критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» для кандидатских диссертаций.

Присутствовало на заседании 21 человек, в том числе 10 докторов наук, а также 8 кандидатов наук.

Результаты открытого голосования: «за» - 21 чел.; «против» - нет, «воздержалось» - нет (протокол № 25 от «30» июня 2023 г.)

Председатель заседания
декан факультета КНИТ СГУ,
к.ф.-м.н., доцент

Миронов Сергей Владимирович

