

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе и
инновациям ФГБОУ ВО

«Новгородский государственный

университет имени Ярослава

Мудрого»



К.Н. Харламов

2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе Гончарова Никиты Сергеевича «Методы и алгоритмы анализа динамики и эволюции фильтрующейся жидкости в области и на ее границе», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы исследования

Актуальность диссертационного исследования Н.С. Гончарова обусловлена комплексом современных научных и практических проблем, связанных с изучением процессов фильтрации и диффузии жидкости в различных средах. В первую очередь, это касается вопросов обеспечения надежности и долговечности дорожных конструкций, где вода выступает основным дестабилизирующим фактором. Проблема особенно остро стоит в контексте городского строительства, где дорожное полотно подвергается постоянному воздействию атмосферных осадков и техногенных факторов. Существующие методы исследования процессов фильтрации, несмотря на определенный прогресс в их развитии, не позволяют в полной мере учитывать все аспекты динамики жидкости как в области, так и на её границе.

Значительный вклад в изучение подобных задач внесли исследования школы О.А. Ладыженской, где были разработаны методы анализа процессов на границе раздела сред. Важные результаты в этой области получены Д.Е. Апушкинской и А.И. Назаровым, которые исследовали априорные оценки градиента решения для недивергентных параболических уравнений.

Существенный прогресс в понимании процессов фильтрации достигнут благодаря работам зарубежных исследователей, среди которых особое место занимают труды А. Favini, G.R. Goldstein, J.A. Goldstein и S. Romanelli. Они разработали подходы к исследованию задач в рамках теории полугрупп операторов, что позволило глубже понять физическую природу процессов. Однако, несмотря на значительные достижения в данной области, остается ряд нерешенных проблем. В частности, существующие математические системы не в полной мере учитывают стохастический характер процессов фильтрации, а также не позволяют адекватно описывать поведение системы на границе области. Особую актуальность приобретает исследование процессов морозного пучения грунтов и формирования оползней, которые напрямую влияют на безопасность дорожного движения и целостность инженерных сооружений. При этом традиционные подходы к изучению данных процессов требуют существенной модернизации с учетом современных математических методов.

В последние годы наблюдается тенденция к усложнению математических систем, учитывающих все большее количество факторов влияния. Это связано с развитием теории оптимального управления, методов системного анализа и теории полугрупп операторов. Работы А.И. Назарова и В.В. Лукьянова по разрешимости задачи Вентцеля для уравнений Лапласа и Гемгольца показали необходимость комплексного подхода к исследованию подобных систем. Исследования Д.К. Палагачева и Л.Г. Софтовой в области сильных решений квазилинейных задач Вентцеля для параболических уравнений с разрывными старшими коэффициентами открыли новые перспективы в изучении процессов фильтрации. Их результаты демонстрируют важность учета граничных условий при анализе динамики системы. Особую значимость приобретает разработка методов анализа для систем, где процессы на границе играют активную роль в динамике всей системы. Это особенно важно для задач, связанных с тепловым обменом, где условия Вентцеля могут описывать сложные процессы взаимодействия между различными средами.

Таким образом, необходимость разработки новых методов и алгоритмов анализа динамики и эволюции фильтрующейся жидкости, способных учитывать как детерминированные, так и стохастические факторы, делает данное исследование крайне актуальным как с теоретической, так и с практической точки зрения. Особую актуальность приобретает разработка алгоритмов для численного моделирования процессов фильтрации и диффузии, что открывает новые возможности для

прогнозирования поведения сложных систем и оптимизации инженерных решений.

В современных условиях развития технологий и увеличения антропогенной нагрузки на окружающую среду необходимость в создании эффективных методов анализа процессов фильтрации становится все более острой. Это делает данное исследование не только теоретически значимым, но и практически востребованным.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа включает в себя введение, три главы, заключение, список литературы и два приложения.

Введение к диссертации включает в себя актуальность избранной темы, степень разработанности избранной темы, цели и задачи, научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, методологию и методы диссертационного исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности и апробацию результатов.

Первая глава посвящена комплексному анализу прикладных и теоретических аспектов исследований систем Вентцеля. В ней проводится глубокий структурный системный анализ предметной области, включающий: исследование применения задач Вентцеля в контексте управления и обработки информации; анализ различных подходов к определению вида задач Вентцеля; детальное рассмотрение методов и алгоритмов решения систем Вентцеля с применением теории полугрупп операторов; изучение особенностей решения однофазных и двухфазных задач; исследование работы со стохастическими вещественными сепарабельными гильбертовыми пространствами. **Вторая глава** фокусируется на разработке методов и алгоритмов для исследования стохастической динамической системы Вентцеля. В ней представлены: детальный анализ условий разрешимости для детерминированной системы; разработка инновационных методов анализа стохастической системы; создание эффективных алгоритмов нахождения траекторий приближенных решений; практическая программная реализация предложенных методов. **Третья глава** посвящена углубленному исследованию стохастической эволюционной системы Вентцеля. В ней рассматриваются: методы анализа условий для детерминированной системы; особенности работы со стохастической системой; разработка современных алгоритмов обработки информации; верификация полученных результатов с помощью вычислительных экспериментов. **Заключение** работы содержит обобщающие выводы по результатам исследования, рекомендации по

практическому применению полученных результатов и перспективы дальнейших исследований в данной области. **В приложениях** представлены свидетельства о регистрации двух программных комплексов: программа для моделирования геохимического режима грунтовых вод; программа для обработки информации в численном исследовании стохастической системы.

Библиографический список включает 132 источника и содержит фундаментальные и актуальные публикации по теме исследования. В списке представлены монографии, научные статьи, материалы конференций и другие публикации, отражающие современное состояние исследуемой проблемы.

Работа отличается логичной структурой, где каждый раздел последовательно развивает и дополняет предыдущий материал, обеспечивая целостное представление о проведенном исследовании. Все главы тесно взаимосвязаны и направлены на достижение общей цели исследования – разработку методов и алгоритмов анализа динамики и эволюции фильтрующейся жидкости.

Научная новизна

В области системного анализа, управления и обработки информации построена контекстная диаграмма различных аспектов исследования систем уравнений Вентцеля, которая позволяет сделать вывод о том, что в детерминированном случае системы уравнений Вентцеля комплексно не изучены (не исследован вопрос о неединственности полученного решения), и ставит вопрос о начале системного исследования в стохастическом случае; впервые разработаны методы анализа условий однозначной разрешимости стохастической динамической и эволюционной систем Вентцеля с учетом протекающих процессов в рассматриваемой области и на ее границе; впервые разработаны алгоритмы для нахождения траекторий приближенных решений стохастической динамической и эволюционной систем Вентцеля при сгенерированных наборах начальных данных в рассматриваемой области и на ее границе.

В области обработки информации впервые разработан алгоритм для обработки информации и анализа состояния стохастической динамической и эволюционной систем Вентцеля при различных значениях их параметров.

Степень обоснованности научных результатов и корректность выводов

Достоверность научных результатов и выводов исследования определяется корректным использованием современных математических

методов, подтверждена доказательствами в соответствии с современным уровнем математической строгости, согласованностью результатов вычислительных экспериментов с модельными примерами, а также тестированием разработанного программного комплекса на различных математических моделях. Результаты и выводы не противоречат ранее полученным результатам других авторов.

Полученные результаты своевременно опубликованы, апробированы на всероссийских и международных конференциях.

Диссертация Гончарова Никиты Сергеевича имеет стройную, логически законченную структуру, автореферат соответствует содержанию диссертации. По теме диссертации соискателем опубликовано 15 научных работ, из них семь статей – в рецензируемых журналах из Перечня ведущих российских рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в том числе, шесть статей – в рецензируемых изданиях из наукометрических баз Scopus и Web of Science; две зарегистрированных компьютерных программы.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Теоретическая значимость работы заключается в том, что разработанные методы анализа однозначной разрешимости стохастических динамических и эволюционных систем Вентцеля могут быть использованы в рамках изучения процессов фильтрации и диффузии в рассматриваемой области и на ее границе; в рамках дальнейшего развития теории стохастического анализа; теории фильтрации и диффузии жидкости; методов системного анализа.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в применимости результатов исследования к гидродинамическим задачам, что расширяет возможности оценки состояния сложных систем и их параметров в областях гидродинамики и геологии, например, при исследовании процессов фильтрации воды в почве. Интерфейс программы позволяет встраивать ее в вычислительные среды для решения прикладных задач. Реализованы статическая (графики и трехмерные диаграммы) и динамическая визуализации (трехмерная анимация), позволяющие проводить анализ состояний для рассматриваемых систем.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты работы могут использоваться в теоретических и практических изысканиях Иркутский государственный университет, Волгоградский государственный университет, Воронежский

государственный технический университет, Воронежский государственный университет, Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, Южно-Уральский государственный университет, Юго-Западный государственный университет" (Курск), Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Новосибирский государственный университет, Институт проблем управления РАН, Институт математики имени Соболева СО РАН, Института динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Институт математики и механики УрО РАН и другие учреждения.

Характеристика языка и стиля диссертации

Диссертация написана на профессиональном языке, принимаемые допущения в достаточной мере обоснованы, а логические рассуждения не противоречат правилам формальной логики.

Замечания по диссертации

1. В п. 1.3.1 вводится общий многомерный оператор (1.3.1) и исследуются его свойства при различных граничных условиях, но лишь для одномерного оператора Лапласа на отрезке $[0, \pi]$, о чём следовало бы сообщить. При этом, в случае условий Неймана утверждение, что $imA = L_2(0, \pi)$ неверно, образ оператора A – подпространство коразмерности 1, состоящее из функций с нулевым средним.
2. В автореферате в уравнениях (1), (2) и (6), (7) участвуют производные Нельсона-Гликлиха стохастических процессов, но используемые для них обозначения не пояснены.
3. В тексте работы встречаются также стилистические погрешности и орфографические ошибки.
4. Отсутствует анализ вычислительной эффективности предложенных в диссертации методов.
5. В графическом материале (рис. 3.5.5, 3.5.6) не хватает детальных пояснений к представленным зависимостям.
6. Не проведено исследование влияния различных параметров на динамику фильтрации.

Однако, приведенные замечания не уменьшают значимости представленных научных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Гончарова Никиты Сергеевича «Методы и алгоритмы анализа динамики и эволюции фильтрующейся жидкости в области и на ее границе», представляет собой законченную научно-

квалификационную работу, в которой содержится решение научной задачи, имеющей значение в области математического моделирования, численных методов и комплексов программ, системного анализа, управления и обработки информации, статистики. Полученные результаты соответствуют научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Результаты диссертации являются новыми, строго обоснованными и получены автором самостоятельно. Автореферат и публикации достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, в соответствии с пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, поскольку является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи анализа процессов фильтрации и диффузии жидкости, а ее автор, Гончаров Никита Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Диссертация и отзыв обсуждены и одобрены на расширенном заседании кафедры алгебры и геометрии ФГАОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» (протокол № 1 от 29.08.2025).

Главный научный сотрудник научно-исследовательского центра,
д-р физ.-мат. наук, профессор  Е.Ю. Панов

Заведующая кафедрой алгебры и геометрии,
кандидат педагогических наук, доцент  Е.М. Кондрушенко

Я, Панов Евгений Юрьевич, даю свое согласие на обработку персональных данных, связанных с работой диссертационного совета.

Я, Кондрушенко Елена Михайловна, даю свое согласие на обработку персональных данных, связанных с работой диссертационного совета.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»



Подпись  Панов Е.Ю.
Подпись  Кондрушенко Е.М.
Специалист
Отдела кадров НовГУ
"29" 08 2025г.

Ярослава Мудрого" 173003, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, 41

Телефон, факс +7 (8162) 97-45-58

e-mail novsu@novsu.ru

Сайт <https://portal.novsu.ru/>

Кафедра алгебры и геометрии

Тел. 7(8162) 63-60-46

e-mail Elena.Kondrushenko@novsu.ru