**Цветовая маркировка**

Алгебра, геометрия, анализ (АГА)

ТЕория Функций (ТЕФ)

**Мастерская математического моделирования (МММ)**

**Научная деятельность НОМЦ**

**Основные направления исследований с указанием полученных важнейших научных результатов (1-2 результата по направлению)**

*Теория моделей и универсальная алгебра.* Изучены теоретико-модельные свойства некоторых классов и теорий полигонов. А именно, рассмотрены слабо инъективные и главно слабо инъективные полигоны, теории которых примитивно нормальны; описаны конечные моноиды S, над которыми класс всех слабо инъективных полигонов примитивно нормален, и конечные коммутативные моноиды, над которыми класс всех слабо инъективных полигонов примитивно нормален; рассмотрены вопросы, связанные с P-стабильностью некоторых классов S-полигонов, в частности, получено описание моноидов S, над которыми классы свободных, проективных, сильно плоских, делимых, регулярных S-полигонов P-стабильны. Описаны полигоны над цепью, решетки конгруэнций которых модулярны.

Геометрические и категорно-алгебраические методы анализа структур и процессов. Введена и изучена категория SS-Act, объекты которой - это S-полигоны, и каждое множество Hom\_{SS-Act}(A,B) является S-полигоном. Доказана, что категория SS-Act является декартово замкнутой. Рассмотрены свойства полноты для данной категории. Доказано, что для случая, когда S является группой, категория SS-Act является топосом Гротендика. Определена категория DK^, являющаяся расширением категории K^ предпучков множеств, в которой множество морфизмов между 2 объектами является полигоном над полугруппой эндоморфизмов предпучка D. Теорема Дилуорса – Глисона о свойствах отображений частично упорядоченных множеств обобщена на случай функторов между категориям предпучков и применена к частично упорядоченным множествам, к топосам Гротендика, а также к S-полигонам.

**Описание актуальности и значимости проведенных научных исследований**

??????

*Геометрическая теория функций комплексного переменного. Для конечных произведений Бляшке установлены точная верхняя граница минимальных модулей критических значений и точная нижняя граница максимальных модулей критических значений этих произведений. Указанные оценки зависят только от степени произведения Бляшке и от модуля производной в нуле. Для рациональных функций с предписанными полюсами, лежащими вне единичной окружности, установлены точные неравенства в точках, расположенных на окружности. В отличие от известных результатов допускается расположение указанных полюсов по разные стороны от окружности. Доказаны новые свойства выпуклости p-гармонического радиуса Робена кругового сектора в евклидовом пространстве, рассматриваемого как функция угла данного сектора. Для доказательства разработан новый подход, основанный на методе модулей семейств кривых.*

*Теория специальных функций гипергеометрического типа. Изучены отношения гипергеометрических функций Гаусса, в которых параметры числителя и знаменателя отличаются на целые числа. Получены интегральные представления таких отношений. Доказаны новые тождества для обобщенных гипергеометрических функций, вычисленных в единице. Используя различные формулы для коэффициентов Норлунда, установлен ряд соотношений для функций Кампе де Ферье и для функции Сриваставы.*

**Описание актуальности и значимости проведенных научных исследований.**

Актуальность исследований по теории функций обусловлена наличием множества нерешенных проблем в этой области, а также большим числом как прямых так и косвенных приложений предполагаемых результатов проекта. Теория емкостей множеств и конденсаторов находит многочисленные приложения в различных областях математики, например, в механике, физике, радио- , электро-, теплотехнике и других областях. Хорошо известны классические геометрические задачи о жесткости кручения упругих призм, об основной частоте мембран, об электростатической емкости и многие другие. В этой связи представляется целесообразным развитие современных методов исследования и, в частности, емкостного подхода и способов симметризации конденсаторов. Полученные ранее результаты математиками разных стран доказывают высокую эффективность этого подхода и его потенциал далеко не исчерпан. Гипергеометрические и базисные гипергеометрические ряды являются активным объектом изучения примерно последние 150 лет. Несмотря на это, многие вопросы остаются открытыми. Результаты работ в области специальных функций актуальны в нескольких качествах: как фундаментальные результаты теории специальных функций, как новые сведения о распределениях в статистике и теории случайных матриц, как новые методы в численном анализе при построении алгоритмов вычисления функций гипергеометрического типа. Научная значимость состоит в новизне и оригинальности разрабатываемых методов и их применимости даже в тех случаях, когда существующие способы исследования не приводят к решению поставленных задач. Актуальность исследований подтверждается также наличием большого числа математиков в целом ряде стран, работающих над решением указанных задач.

**Основные направления исследований с указанием полученных важнейших научных результатов**

Моделирование и оптимизация в задачах проектирования устройств невидимости материальных тел. Разработан и реализован алгоритм решения задачи полной маскировки для осесимметричной модели электростатики. Данный алгоритм основан на использовании M-слойной сферической оболочки, каждый слой которой заполнен одним из двух используемых для маскировки материалов, а материал последнего слоя определяется путем минимизации специального функционала качества, связанного с маскирующей эффективностью рассматриваемой оболочки. Проведено численное исследование обратных задач для двумерной и трехмерной осесимметричной моделей магнитостатики, возникающие при проектировании многослойных экранирующих и маскировочных устройств. Для их решения применен оптимизационный метод, с помощью которого рассматриваемые обратные задачи сводятся к конечномерным экстремальным задачам минимизации определенных функционалов качества. Предложены численные алгоритмы решения этих экстремальных задач, основанные на методе роя частиц.

*Анализ и оптимизация моделей переноса тепла и излучения.* Выполнен теоретический анализ задач оптимального управления для уравнений сложного теплообмена в многокомпонентной среде. Доказана разрешимость экстремальных задач, найдены условия эпиморфности оператора ограничений, построены системы оптимальности. Обоснован принцип релейности оптимального управления. Исследование разрешимости краевых и экстремальных задач для нелинейных стационарных уравнений тепломассопереноса вязкой проводящей жидкости. Качественный анализ решений краевых задач и задач управления для нелинейного уравнения реакции-диффузии-конвекции. Проведено теоретическое и численное исследование обратной задачи для нестационарного уравнения переноса излучения, заключающейся в нахождении коэффициента ослабления по известному решению на границе области. Исследованы структура и непрерывные свойства решения начально-краевой задачи для уравнения переноса излучения. При специальных предположениях об источнике излучения показана единственность решения обратной задачи и получена формула для преобразования Радона коэффициента ослабления.

Доказана однозначная разрешимость начально-краевой задачи для модели сложного теплообмена в многокомпонентной среде с учетом эффектов отражения и преломления на границах разрыва коэффициента преломления. Проведены вычислительные эксперименты, демонстрирующие важность учета эффектов отражения и преломления, а также внутреннего теплового излучения, при моделировании динамики тепловых полей.

Исследована обратная задача для нестационарного уравнения переноса излучения, заключающаяся в нахождении коэффициента рассеяния при заданном временно-угловом распределении решения уравнения в некоторой точке. С помощью метода Монте-Карло проведен сравнительный анализ погрешности решения обратной задачи в приближении однократного рассеяния для двумерной и трехмерной моделей, описывающих процесс высокочастотного акустического зондирования во флуктуирующем океане. Проведено теоретическое и численное исследование обратной задачи для нестационарного уравнения переноса излучения, заключающейся в нахождении коэффициента ослабления по известному решению на границе области. Исследованы структура и непрерывные свойства решения начально-краевой задачи для уравнения переноса излучения. При специальных предположениях об источнике излучения показана единственность решения обратной задачи и получена формула для преобразования Радона коэффициента ослабления. Исследована обратная задача, заключающаяся в определении функции, описывающей отклонение донной поверхности от некоторого среднего уровня, и получено нелинейное дифференциальное уравнение для нахождения искомой функции. Проведен численный анализ задачи батиметрии на реальных данных и изучено влияние величины коэффициента донного рассеяния на восстановление батиметрической функции.

*Моделирование и анализ диффузионных процессов для медицинских приложений:* Представлен теоретический анализ обратных и экстремальных задач для моделей лазерной абляции. Доказана разрешимость обратных задач для уравнений переноса кислорода в биотканях. Выполнена разработка и реализация вычислительных алгоритмов решения прямых и экстремальных задач для моделей переноса кислорода в тканях мозга и модели внутривенной лазерной абляции. Проведены вычислительные эксперименты, демонстрирующие важность выбора оптимальных параметров излучения (скорость движения оптоволокна, мощность излучения, степень карбонизации наконечника оптоволокна) и оптимальной длины волны лазерного излучения при проведении внутривенной лазерной абляции.

Описание актуальности и значимости проведенных научных исследований.

Исследование указанных направлений нацелено на дальнейшее продвижение в изучении вопросов, важных для понимания фундаментальных свойств решений краевых, обратных и экстремальных задач для дифференциальных уравнений, описывающих процессы взаимодействия полей разной физической природы в неоднородных и нелинейных средах. Научная значимость основана с одной стороны на решении открытых задач, связанных с корректностью постановок для нелинейных моделей гидродинамики и тепломассопереноса. С другой стороны, развитие новых методов анализа и оптимизации процессов в неоднородных средах является основой для решения прикладных задач проектирования систем с заданными экстремальными свойствами.

Анализ начально-краевых и экстремальных задач для моделей переноса тепла и излучения лежит в основе алгоритмов определения оптимальных параметров излучения при проведении внутривенной лазерной абляции, обеспечивающих достаточную высокую температуру внутри вены для осуществления ее облитерации (закрытия) и безопасную температуру для окружающей вену ткани.

Исследование начально-краевых и обратных задач для моделей переноса кислорода в биологической ткани находит применение для анализа причин церебральной гипоксии и оценки скорости насыщения кислородом тканей мозга.

Перечень статей в научных журналах, индексируемых в одной из баз данных Web of Science и (или) Scopus и публикаций, индексируемых в MathSciNet, по результатам реализации программы представлен в приложении 1

**Перечень международных и всероссийских научных конференций, и семинаров, в которых приняли участие сотрудники НОМЦ, в том числе перечень конференций и семинаров, которые организованы и проведены НОМЦ,**

Международная конференция «Мальцевские чтения», 20–24 сентября 2021 г., Новосибирск

Международная летняя школа-конференция «Пограничные вопросы теории моделей и универсальной алгебры», посвященная 75-летию профессора Бруно Пуаза, 23-28 июня 2021 г., Новосибирск

Традиционная международная апрельская математическая конференция в честь Дня работников науки Республики Казахстан, 1-3 апреля, г. Алматы, Казахстан

Конференция международных математических центров мирового уровня, 9-13 августа, г. Сочи

Всероссийский съезд учителей математики, 15-18 августа, г. Сочи

International Scientific Seminar Harbin-Vladivostok: Mathematics and Applications

«Региональные научно-образовательные математические центры - первые шаги в научной карьере (от школы до университета)» в рамках VIII Ежегодной национальной выставки «ВУЗПРОМЭКСПО» (Конгресс молодых ученых), г. Сочи, «Сириус»

Научный семинар «Алгебра и логика» (Новосибирск)

Научный семинар «Теория моделей» им. Е.А. Палютина (Новосибирск).

Far Eastern Workshop on Computational Technologies and Intelligent Systems (CTIS 2021), Khabarovsk, Russia, March 2-3, 2021.

International Conference Days on Diffraction (DD 2021), St. Petersburg, Russia, May 31 – June 4, 2021.

6th International Conference on Information Technologies and High-Performance Computing, (ITHPC 2021), Khabarovsk, Russia, September 14 – 16, 2021.

XI International Conference on Optimization Methods and Applications «Optimization and applications» (OPTIMA-2021). Montenegro, Russia, September 28-October 2, 2021.

Научные конференции, семинары, мастер-классы, съезды, конгрессы, организованные центром

Описание организации конференций, семинаров, школ, конгрессов, съездов, а также сравнение планов центра по данному направлению работы с фактическими результатами.

В течении 2021 года в режиме видеоконференций на платформе Zoоm с участием ученых России, Израиля, США (среда, 20-00 по Владивостоку) проведено 25 заседаний «Владивостокского семинара по анализу». План проведения семинара выполнен.

International Scientific Seminar Harbin-Vladivostok: Mathematics and Applications

В ДВФУ был организован визит ведущего ученого профессора СПбГЭТУ «ЛЭТИ» Перязева Николая Алексеевича для чтения курса лекций «Табличный метод в логике», «Алгоритмы решения булевых уравнений», «Введение в логику мультиопераций». Слушатели курса студенты и магистранты ДВФУ математического направления подготовки, а также преподаватели ДВФУ.

В 2021 году в ДВФУ проведена ежегодная Региональная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных по естественным наукам (Владивосток 15-30 апреля 2021 г.), в рамках которой организованы секции по математическим направлениям. В секциях «Математика» и «Математическое моделирование» приняли участие 25 студентов и аспирантов, 12 ученых и преподавателей ДВФУ. Сборник материалов конференции индексируется РИНЦ

В течение отчетного периода проведены совместные онлайн-семинары ДЦМИ и ИПМ ДВО РАН. Общее количество участников: 40. Количество докладов: 18. География докладчиков (организации): Владивосток (Институт прикладной математики ДВО РАН, Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Тихоокеанский океанологический институт ДВО РАН, Дальневосточный федеральный университет), Благовещенск (Амурский государственный университет), Мюнхен (Мюнхенский технический университет), Биробиджан (Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН). На заседаниях семинара были заслушаны доклады по материалам 3 докторских диссертаций и 4 кандидатских диссертаций.

Перечень научных конференций, семинаров, мастер-классов, съездов, конгрессов и других аналогичных мероприятий, организованных центром, представлен в приложении  2*.*

Перечень статей в научных журналах, индексируемых в одной из баз данных Web of Science и (или) Scopus и публикаций, индексируемых в MathSciNet, по результатам реализации программы представлен в приложении 1.

**Научное сотрудничество с российскими и зарубежными научно-исследовательскими и образовательными организациями**

Описание работы с партнерами, сравнение планов и результатов, предложения по дальнейшему развитию.

По программе развития регионального научно-образовательного математического центра «Дальневосточный центр математических исследований» организован визит в ДВФУ с 27.09.2021 по 09.10.2021 в.н.с. МЦМУ “Московский центр фундаментальной и прикладной математики” к.ф.-м.н., Кудрявцевой Ольги Сергеевны и доцента кафедры математического анализа механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, с.н.с. МЦМУ “Московский центр фундаментальной и прикладной математики” к.ф.-м.н., Солодова Алексеевича Петровича для выступления на семинаре и совместной работы. В 2022 году планируется продолжить сотрудничество с ведущими учеными математических центров мирового уровня. Планы сотрудничества выполнены.

**Описание работы по привлечению ведущих ученых и (или) иностранных исследователей, сравнение планов и результатов.**

Профессором Белой Наги из Венгерской акакдемии наук проведен мини-курс лекций "Современные проблемы теории потенциала" с 16 ноября по 2 декабря 2021 года в объеме 12 часов. В работе Владивостокского семинара по анализу наряду с сотрудниками математического центра принимали участие ученые из Израиля, США, Китая. Список иностранных участников семинара: Калмыков С.И. (Китай, профессор, School of mathematical sciences, Shanghai Jiao Tong University, 800 Dongchuan RD, Shanghai 200240, China), Тяглов М.Ю. (Китай, профессор, School of mathematical sciences, Shanghai Jiao Tong University ), Ковалев Л.В. (США, профессор, 215 Carnegie, Mathematics Department, Syracuse University, Syracuse, NY 13244, USA), Гольберг А. (Израиль, профессор, Holon Institute of Technology). Планы сотрудничества с иностранными учеными выполнены. .

Сведения о кадровом составе Центра приводятся в приложении 3.