

**Отчет о выполнении Программы развития  
Федерального государственного бюджетного учреждения науки  
Института математики им. С. Л. Соболева  
Сибирского отделения Российской академии наук на 2021 год**

**РАЗДЕЛ 1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ**

1	Информация о научной организации	
1.1.	Полное наименование	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук
1.2.	Сокращенное наименование	ИМ СО РАН
1.3.	Фактический (почтовый) адрес	630090, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, д. 4
2.	Существующие научно-организационные особенности организации	
2.1.	Профиль организации	Генерация знаний
2.2.	Категория организации	Первая категория
2.3.	Основные научные направления деятельности	Алгебра, теория чисел и математическая логика; Геометрия и топология; Математический анализ, дифференциальные уравнения и математическая физика; Теория вероятностей и математическая статистика; Вычислительная математика; Дискретная математика, информатика и математическая кибернетика; Математическое моделирование и методы прикладной математики

**РАЗДЕЛ 2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ**

**2.1. Цель Программы развития:**

1. Улучшение целевого показателя 1.3 из программы «Наука»: Место Российской Федерации по численности исследователей в эквиваленте полной занятости среди ведущих стран мира (по данным Организации экономического сотрудничества и развития).

2. Улучшение целевого показателя 2.1 из программы «Наука»: Численность российских и зарубежных учёных, работающих в российских организациях и имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных.

3. Улучшение целевого показателя 2.2: Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности российских исследователей.

4. Улучшение целевого показателя 1.1: Место Российской Федерации по удельному весу в общем числе статей в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития, в изданиях, индексируемых в международных базах данных

5. Стратегическая цель Программы развития ФГБУН Институт математики им. С.Л. Соболева превращение института в Ведущий в мире центр математических исследований, привлекательный для работы в нем как для молодых, так и для ведущих ученых со всего мира, имеющих мировые математические школы по ряду разделов современной математики, ведущий исследования по актуальным проблемам математики и ее приложений, с высоким уровнем исследований по всем основным направлениям работы, обеспечить комфортные условия для сотрудников в проведении математических исследований как в рамках госзаданий, так и по различным российским и зарубежным грантам, по научным договорам о сотрудничестве и хозяйственным договорам, обеспечив современных рабочие места, доступ к Интернету и информационным профессиональным научным базам данных, научной библиотекой, возможностью готовить молодые математические кадры и высокопрофессиональные кадры для науки и высокотехнологических производств, возможности участия и проведения международных конференций с привлечением ведущих российских и зарубежных ученых для организации и проведения исследований высокого научного уровня, обеспечить возможности для публикации результатов в ведущих математических журналах, применимости полученных результатов в различных направлениях науки и при создании новых технологий.

## **2.2. Задачи Программы развития:**

1. Выполнение Задачи 2 из программы «Наука»: Создание научных центров мирового уровня, включая сеть международных математических центров и центров геномных исследований, в её части 2.4: Создано не менее 4 международных математических центров мирового уровня, выполняющих исследования и разработки по актуальным направлениям развития математики с участием российских и зарубежных ведущих учёных.

2. Организация научно-исследовательских работ научных работников по всем основным разделам тематики института: Алгебра, теория чисел и математическая логика, Геометрия и топология, Математический анализ, дифференциальные уравнения и математическая физика, Теоретическая физика элементарных частиц и атомного ядра, Теория вероятностей и математическая

статистика, Вычислительная математика, Дискретная математика, информатика и математическая кибернетика, Математическое моделирование и методы прикладной математики, обеспечив разработку наиболее актуальных направлений, которые определяются приоритетами как самой математической теории, так и теми вызовами которые стоят перед российской наукой по обеспечению приоритетов научно-технологического развития, использованию в новых конкурентноспособных технологий, в частности в задачах моделирования и цифровизации различных моделей как объектов моделирования, так и процессов, важную роль играют проблемы математики и в развитии интеллектуальных систем прогнозирования, систем управления и принятия решений, основанные на обработке больших данных и новых ИТ-технологий.

3. Для успешного развития математических исследований важнейшую роль играют тесные научные связи с ведущими учеными, работающие в различных направлениях математики. Для развития международного сотрудничества стоит задача в рамках Национального проекта «Наука» проработать вопрос создания Консорциума совместно с ведущим в России Новосибирским Национальным исследовательским государственным университетом Международного математического центра для проведения совместных научных исследований с ведущими и активно работающими молодыми учеными, проведению Международных математических конференций, молодежных научных школ, специализированных воркшопов, лекций ведущих в мире математиков по актуальным проблемам математики. Важнейшей задачей является обеспечение возможностей наших ученых в международных конференциях с докладами по полученным результатам, что является необходимым условием для продвижения, полученных российскими учеными результатов в мировом математическом сообществе. Важным является и работа российских математиков в крупнейших математических организациях таких как Международный математический союз, Ассоциация символической логики, Американское и Европейское математические общества, Computability in Europe и других, а также в их мероприятиях; конференциях, воркшопах и молодежных научных школах, а также участие в редакционных коллегиях зарубежных математических журналов.

4. Кадровая проблема является важнейшей для развития как самого института, так и подготовки математических кадров для развития и использования математических методов в современную эпоху цифровой экономики, которая является частью экономики знаний. Подготовка высокопрофессиональных математиков мирового уровня, а также молодых ученых является очень острой проблемой современного этапа развития науки в России. За прошедшие годы сформировался разрыв между поколениями ученых, нарушились во многих научных школах воспроизводства новых лидеров в разработки новых тематик и получении ярких научных результатов. Математиков среднего возраста, которые могли бы взять на себя лидерские позиции в развитии ряда направлений явно недостаточно, что может привести к разрушению научных школ, имеющих высокое научное признание в мире, что ведет к оттоку молодых сложившихся ученых из страны или в лучшем случае из Сибири в Москву и Санкт-Петербург, а также в аспирантуру в

зарубежные университеты. Создание для них условий для плодотворной научной работы у нас в стране, с возможностью научных контактов с ведущими зарубежными учеными является важной задачей Национального проекта «Наука». В рамках этой проблемы важным элементом служат гранты как для молодых ученых, так для научных коллективов с участием молодых ученых. В этом существенную роль могут играть Советы научной молодежи по обмену опытом подготовки заявок на международные российские и зарубежные гранты, стажировка молодых ученых в ведущих в мире коллективах отдельных научных направлениях как в России, так и зарубежом. В рамках решения кадровой проблемы науки, и, в частности, математики, главным элементом подготовки математиков исследователей должна стать академическая аспирантура, где упор делается на исследовательскую компоненту, а учебная часть является вспомогательной в этом процессе.

5. Проблема кадров тесно взаимосвязана с вопросами качества математического образования в России. Участие в проблеме формирования качественного математического образования является также приоритетной задачей Института. Необходимо дальнейшее развитие взаимодействия ИМ СО РАН с НГУ, базовых кафедр Механико-математического факультета и Факультета информационных технологий, базовые кафедры которых созданы в ИМ СО РАН и являются важным элементом внедрения современных математических знаний в учебный процесс НГУ, что и обеспечивает высокий уровень Новосибирского государственного университета в естественных науках. Сотрудники института составляют большую часть преподавателей математических курсов различных направлений в НГУ. Важнейшим элементом математического образования является школьное образование. Ими подготовлены учебники и учебные пособия, которые используются в учебном процессе не только в НГУ, но и в других университетах России и зарубежных университетах, часть из них переведена и издана на английском и других языках. Для решения этих задач традиционно сотрудники Института работают в Специализированном учебно-научном центре (ФМШ им М.А. Лаврентьева) НГУ, занимаются написанием учебников по математике для школ. Некоторые из них были удостоены премий Президента и Правительства. Эту работу необходимо поддерживать и расширять, в рамках создаваемого Международного математического центра планируется поднять эти работы со студентами, магистрантами, аспирантами НГУ и школьниками СУНЦ НГУ на новый уровень, привлекая их к исследовательской работе, организуя лекции российских и зарубежных ученых для них по самым интересным и приоритетным проблемам математики.

6. В задачи, стоящие перед институтом, большая и важная роль принадлежит молодым исследователям, им предстоит в скором времени брать на себя лидерские позиции не только в качестве управленцев, но что не менее важно и в математике. Эти задачи решаются не быстро, а такого лидера нужно всячески поддерживать, доверяя все более ответственные научные исследования, подготовку научных обзоров, приобретение опыта формирования новых научных проблем в рамках направлений исследования, формирование такой тематики в отношении этих проблем, которые порождают новые знания, новые методы. Задача формирования

научных лидеров, которые способны брать на себя ответственность и предлагать комплекс исследований, которые направлены на решения новых задач в рамках, разработки моделей для новых технологий, востребованных в различных сферах.

7. Развитие издательства российских ведущих математических журналов, а также в ИМ СО РАН, является стратегической задачей развития математических исследований в России. Математические журналы определяют направления развития математики в нашей стране и приоритетные области исследований. В условиях суверенитета России определения приоритетов развития науки в России в интересах приоритетного развития науки в интересах перехода и развития нашей экономики через внедрение новых технологий и перехода на новый этап развития цифровой экономики двигаться в хвосте научных исследований, ведущихся в богатых западных странах, которые могут определять широкий фронт научных исследований в условиях абсолютных цифр финансов, выделяемых на науку, является заведомо неперспективным. Математические школы в России имеют достижения самого высокого уровня, позволившие стране решать проблемы развития космической техники, авиастроения и ядерного и термоядерного оружия. Основатель Института математики СО РАН С.Л.Соболев, кстати один из научных руководителей ядерного проекта, заложил при создании института формирование и развитие математических школ мирового уровня, которые до сих пор не утратили своего лидерства в мировой математической науке. Поэтому по праву журналы института математики имеют высокую научную репутацию и их развитие является приоритетной задачей. Математические журналы Сибирский математический журнал и Алгебра и логика, первым главным редактором которых был академик А.И. Мальцев, входят во все международные базы, в частности в Scopus и Web of Science имеют высокий научный рейтинг, журналы Сибирский журнал индустриальной математики, Дискретный анализ и исследование операций, Математические труды также переводятся на английский язык и представлены в Scopus, новый созданный в институте электронный журнал «Сибирские электронные математические известия» также представлен в Scopus и Web of Science. Задача заключается в повышении импакт-факторов журналов, привлечении зарубежных авторов и ведущих иностранных ученых для работы в редколлегиях журналов, а также повышении качества рецензирования предлагаемых к публикации работ. Это будет способствовать более широкому распространению не только результатов российских авторов и их признанию, но и повышению приоритетности проводимых в России среди западных ученых, но и формированию и поддержке этих исследований через включение западных ученых в эти исследований. Нужно отметить, что этот процесс достаточно трудный и долгий, но успех основан на тех приоритетных исследованиях нашего института, которые уже имеют широкое признание за рубежом и представители школ которых, приглашаются и активно в больших количествах представлены в заграничных университетах.

8. Просветительская задача по проблемам развития математики, сфер ее применения, роли математического образования как значимого элемента культуры является также задачей сотрудников института. В современную эпоху развития информационных

технологий и внедрение в самых разных сферах ее продуктов, а также в условиях цифровизации экономики, проблем обработки больших данных, а также построения «интеллектуальных» систем для проблем прогнозирования, принятия решений и управления сложными и многокомпонентными системами возникает иллюзия, что такие машины способны решить все проблемы. Знаменитая теорема Геделя устанавливает принципиальную неполноту все наших знаний даже об арифметике, к которой мы сводим все проблемы цифровизации, а исследования нашего сотрудника академика С.К. Годунова показывают всю сложность перехода от непрерывных моделей процессов к их дискретизации для применения цифровых методов их решения. Математические методы в математической экономике, открытые нобелевским лауреатом, математиком, академиком, работавшем в ИМ СО РАН применимы к оптимизации процессов только линейных. Все эти проблемы необходимо распространять как среди школьников, для более содержательного понимания математической стороны обучения, так и среди специалистов, которые уверены в непогрешимости математики, но применяют неадекватные методы для решения своих проблем. Эта сторона деятельности по распространению математических знаний, их значимости и важности для решения многих новых проблем современности является также задачей академической математической науки.

9. Задача комплексных исследований по современным проблемам науки требует тесной кооперации в исследованиях и разработках взаимодействия математиков с исследователями разных направлений фундаментальной науки, а также с представителями современных высокотехнологичных производств как в области моделирования, математического моделирования, цифровизации моделей. А также исследование полученных моделей, их адекватности поставленным задачам. Это источник новых математических моделей и задач. В условиях необходимости развития цифровых моделей для разных объектов и процессов необходимостью является более тесные взаимодействия с институтами СО РАН, вузами на базе договоров о сотрудничестве и формирование совместных проектов и с институтами, и с высокотехнологичными предприятиями и фирмами. К числу проблем в этом направлении лежат вопросы обработки больших данных и выявление закономерностей. Адекватность предложенных методов в каждой конкретной ситуации требует глубокого математического анализа в связи с проблемой “Black Box”. Аналогичные проблемы лежат в проблемах интеллектуальных систем прогнозирования и управления сложными многокомпонентными объектами. В этом направлении стоит задача разработки таких решения для проблем роботизации, формирования управления большими объемами потоковой информации и другие требуют совершенно разнообразных специалистов от гуманитарных, биологических, медицинских наук до математики.

Именно на базе такого сотрудничества будут формироваться и новые задачи фундаментального характера в математике, а также становится возможной непосредственная реализация в конкретном продукте идей и методов фундаментальной математики.

10. Задача улучшения инфраструктуры организации исследований в области математики стоит в обеспечении сотрудникам условий для проведения математических исследований, доступности научной литературы, в частности монографий по актуальным направлениям математики, доступность Интернета как для общения с другими исследователями, так и доступа к издающейся научной литературе в области математики и в смежных областях, организация представления заявок на гранты для научных исследований и участия в работе конференций, членства в международных математических организациях и ассоциациях, участие в работе научных конференций, воркшопов и молодежных научных школ для молодых математиков и ведущих ученых для чтения лекций, поддержка условий содержания в должном порядке зданий и всей системы функционирования жизнедеятельности институтов, доступность современного оборудования. В скором времени в разработке математических проблем потребуется новая система поддержки таких исследований через интеллектуальные системы обработки и анализа математических текстов, проверки различных гипотез, формирования научных баз данных для поиска закономерностей уже в самой математике. Такие методы уже имеют место в отдельных направлениях математики, но это еще начальные шаги. Поэтому обеспеченность сотрудников современной техникой и программным обеспечением является важной задачей, стоящей перед институтом быть в этом направлении лидерами.

11. В рамках программы Академгородок 2.0 стоит задача совместными усилиями с другими институтами ННЦ СО РАН и НГУ решить проблему проживания приглашенных ведущих ученых, приезжающих на более длительные сроки, чем приезжающих на недельные конференции, как это делается в европейских и американских университетах, а также жилья эконом-класса для молодых зарубежных ученых аспирантов и пост-доков, которое можно арендовать на более длительные сроки и обеспечивающих нормальный комфорт для проживания. Ряд проблем будущего развития нашего научного центра будет связан с этой проблемой при увеличении количества международных научных контактов.

### **РАЗДЕЛ 3. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ПРОГРАММА**

*Название научно-исследовательской программы: «Исследование и решение современных проблем фундаментальной математики»*

#### **3.1. Ключевые слова**

Алгебра, математическая логика, геометрия, топология, математический анализ, дифференциальные уравнения, теория вероятностей, математическая статистика, вычислительная математика, математическое моделирование, дискретная математика, информатика, кибернетика.

#### **3.2. Аннотация научно-исследовательской программы**

Научные исследования будут посвящены актуальным проблемам в области теоретической математики, теоретической информатики и дискретной математики. Именно, в области теоретической математики: исследование и решение алгоритмических и аналитических проблем алгебры, теории моделей и теории вычислимости; исследование и решение актуальных проблем геометрического анализа и топологии и их приложения; разработка и исследование асимптотических методов теории вероятностей и математической статистики и их приложения; развитие теории дифференциальных уравнений и ее приложения к задачам естествознания. В области теоретической информатики и дискретной математики: исследование и решение экстремальных, игровых и комбинаторных задач на дискретных структурах.

Научные исследования будут проведены на высоком уровне. Результаты, несомненно, будут соответствовать мировому уровню, а по некоторым направлениям будут определять этот уровень.

### **3.3. Цель и задачи научно-исследовательской программы на 2019-2023 годы**

Цель – исследование и решение актуальных проблем в области теоретической математики, математического моделирования, теоретической информатики и дискретной математики.

**Направление 1.** Исследование и решение алгоритмических и аналитических проблем алгебры, теории моделей и теории вычислимости

Планируется изучение фундаментальных проблем в теории групп и теории колец.

Исследование проблемы взаимосвязи алгоритмических и структурных свойств логических исчислений и их семантик, выявление основных свойств различных моделей вычислимости и исследование теории нумераций, как математического базиса изучения алгоритмических свойств математических объектов. Цели исследований лежат в русле современных проблем математической логики. Особое внимание сосредоточено на разработке методов построения моделей с заданными на формальном логическом языке свойствами

Изучение обобщённой теории вычислимости в основном в рамках теории допустимых множеств и различных видов описаний и определимости алгебраических структур и классов алгебраических структур относительно этого подхода с особым акцентом на наследственно конечные надстройки над структурами и связь этой теории с классической теорией вычислимости и теорией конструктивных моделей.

По тематике «Универсальная алгебраическая геометрия и теория инвариантов» основными объектами исследований являются системы уравнений и их координатные алгебры для различных классов классических алгебраических систем (групп, колец, решеток и графов).

**Направление 2.** Исследование и решение актуальных проблем геометрического анализа и топологии и их приложения



Развитие связей, возникающих между теорией интегрируемых систем и различными геометрическими структурами. Исследование проблем вычислительной математики, ориентированные на различные приложения. Исследование задачи об интегрируемых геодезических потоках на трехмерных торах. Исследование проблемы классификации трехмерных многообразий.

В рамках исследования того, какие геометрические характеристики многогранника в евклидовом пространстве остаются неизменными в процессе изгибания, предполагается показать, что в процессе изгибания спектр трёхмерного оператора Лапласа, рассматриваемого в области, ограниченной изгибаемым многогранником, снабжённого нулевыми граничными условиями Дирихле и Неймана, не обязательно сохраняется. Описание геодезически орбитальных инвариантных субримановых метрик на субримановых и субфинслеровых пространствах. Точные аналоги классических теорем вложения пространств Соболева в метрическом случае, включая вложения в пространства Орлича и в пространства Лоренца и случай, когда мера не удовлетворяет условию удвоения, а также случай переменной гладкости. Описание классов функций ограниченной регулярности на группе Гейзенберга. Теоремы устойчивости с учетом близости производных в пространствах Соболева с показателем суммируемости выше естественной для классов решений дифференциальных уравнений с квазивыпуклой функцией и нуль-лагранжианом. Тонкие свойства отображений с весовым ограниченным  $(p, q)$ -искажением. Описание групп Карно произвольной глубины и пространств Карно – Каратеодори, для которых постановка задачи о минимальных поверхностях корректна, а также описание классов минимальных поверхностей на этих структурах. Выяснение структуры множества экстремумов функций на квазиметризуемых и компактных пространствах, а также их связь с кардинальнозначными инвариантами этих пространств. Создание алгоритма разбиения цифрового изображения ядра на зерна с последующим вычислением его модулей упругости.

Будут изучены геометрические свойства многогранников в пространствах постоянной кривизны. Будут развиты методы качественного и численного исследования плоских полиномиальных систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Будут исследованы пространства дифференциальных форм и соответствующие пространства когомологий на римановых многообразиях и пространства когомологий топологических групп и метрических пространств с мерой.

**Направление 3.** Разработка и исследование асимптотических методов теории вероятностей и математической статистики и их приложения

Нахождение новых и уточнение уже известных асимптотических свойств распределений в нескольких классах трудных задач теории вероятностей и математической статистики, в том числе исследование вероятностей больших отклонений, получение новых интегро-локальных предельных теорем, анализ распределений в граничных задачах для случайных блужданий и процессов,

асимптотические исследования в математической статистике, разработка и применение прикладных статистических методов в медицинских исследованиях, и ряд других прикладных исследований (системы обслуживания, вопросы финансовой математики).

Изучение асимптотических свойств критических ветвящихся процессов с многими типами короткоживущих (с конечным средним у продолжительности жизни) и разнородными типами долгоживущих частиц (с бесконечным средним у продолжительности жизни) в случае правильного изменения хвостов распределения для последних типов частиц с различными параметрами, зависящими от типа частиц. Разработка и программная реализация алгоритмов и методов машинного обучения для поиска закономерностей из медицинских показателей, характеризующих социально значимое заболевание или генетически обусловленное патологическое состояние, построения диагностической шкалы на базе метода штрафных функций для моделирования нормального распределения значений шкалы у диагностируемых объектов. Применение сплайнов для приближения функции одной переменной и ее производных при наличии экспоненциального пограничного слоя. Будут исследоваться полиномиальные сплайны на сетке Шишкина и экспоненциальные сплайны.

#### **Направление 4.** Развитие теории дифференциальных уравнений и ее приложения к задачам естествознания

Проведение исследований по трем основным направлениям: задачи теории уравнений с частными производными; задачи теории дифференциально-разностных уравнений; задачи оптимального управления и идентификации. Основными целями по первому направлению являются постановки различных краевых задач для некоторых типов уравнений, доказательство разрешимости задач, изучение свойств их решений. Основными целями по второму направлению являются изучение устойчивости решений различных дифференциально-разностных уравнений, исследование задачи об экспоненциальной дихотомии для линейных разностных уравнений с периодическими коэффициентами, изучение периодичности и изохронности малых колебаний полиномиальных уравнений Льенара. Основными целями по третьему направлению являются разработка численных методов для вычисления оптимального по расходу ресурса управления динамическими системами, изучение задач вариационной идентификации для систем дифференциальных и разностных уравнений.

В области исследования прикладных и фундаментальных проблем электромагнитного зондирования неизвестных сред основное внимание будет уделено таким математическим моделям, как гиперболические системы дифференциальных уравнений первого порядка и полихроматическое уравнение переноса. Будут исследованы прямые и обратные задачи для дифференциальных уравнений с разрывными коэффициентами при старших производных как важный элемент теории зондирования неоднородных сред физическими сигналами. Развитие и применение обобщенного преобразования Радона для широкого круга задач, связанных с волновым уравнением, уравнением Власова, уравнениями Максвелла и др. Применение теории марковских процессов к проблемам идентификации трещин.

Будут исследованы задачи типа зондирования для дифференциальных уравнений с разрывными коэффициентами при старших производных, а также для интегральных уравнений в свертках. В рамках томографии, дефектоскопии и интегральной геометрии будут разработаны новые математические модели физических и биологических сред. Будут разработаны и численно реализованы алгоритмы решения исследованных задач, а также произведено их сравнение с ранее полученными результатами. В области исследования обратных задач математической физики и численных методов их решения будут изучены вопросы корректности новых постановок обратных задач для уравнений акустики, электродинамики, упругости, теплопроводности. Будут созданы численные методы решения обратных и условно-корректных задач, выполнено исследование вопросов устойчивости и точности алгоритмов решения задач. В области исследования обратных задач для эволюционных уравнений будут развиты новые подходы исследования многомерных обратных задач для эволюционных уравнений. Будет продолжено развитие нового метода исследования обратных задач математической физики, основанного на системах уравнений лучевого разложения решений параболических и гиперболических уравнений с переменными коэффициентами.

Разработка термодинамически согласованных моделей механики сплошных сред и их приложений к конкретным задачам механики и физики. Исследование разрешимости нелинейных эллиптико-параболических уравнений. Развитие нелокальных подходов к асимптотическим методам теории возмущений. Изучение параметрической неустойчивости для уравнений с операторами, содержащими участки непрерывного спектра. Создание основ теории сверхустойчивости гиперболических систем. Выяснение необходимых и достаточных условий полунепрерывности снизу интегральных функционалов на всех измеримых подмножествах (в битинг смысле).

Будет обоснована устойчивость слабой ударной волны, одного из двух теоретически возможных решений проблемы обтекания бесконечного клина сверхзвуковым равномерным потоком газа, для исходной квазилинейной постановки в случае реального газа Ван-дер-Ваальса. Будет исследована линейная устойчивость по Ляпунову аналогов решения Пуазейля для течений вязкоупругой полимерной жидкости в бесконечном плоском канале в каждом из трех возможных вариантов обобщения модели Покровского-Виноградова.

Объектом планируемого исследования являются механизмы рождения и распадов тяжёлых кваркониев с целью выяснения как их природы, так и природы продуктов распада.

#### **Направление 5.** Исследование и решение экстремальных, игровых и комбинаторных задач на дискретных структурах

В области дискретной оптимизации: определение вычислительной сложности и аппроксимируемости задач комбинаторной оптимизации; выявление структурных свойств комбинаторных объектов; разработка быстрых точных и приближенных алгоритмов (как

эвристических, так и с априорными оценками точности) для задач дискретной оптимизации; разработка методов решения дискретных задач двухуровневого математического программирования.

Исследование дискретных экстремальных задач, которые индуцируются оптимизационными моделями проблем анализа данных (в том числе большеразмерных), распознавания образов, машинного обучения, аппроксимации, компьютерной геометрии, статистики. Анализ вычислительной сложности этих задач, изучение вопросов их алгоритмической аппроксимируемости и построение эффективных алгоритмов с гарантированными (априорно доказуемыми) оценками качества (точности, трудоемкости, надежности) для их решения.

Изучение строения разреженных графов (включая плоские графы и графы, вложимые в фиксированную поверхность) применительно к задачам раскраски (разбиения дискретного объекта на более простые подобъекты); получить новые оценки для трудновычислимых характеристик графов и гиперграфов через их эффективно вычисляемые характеристики. Перечисление дистанционно регулярных структур в транзитивных графах, в частности – в бесконечной прямоугольной решетке.

Метрические и комбинаторные задачи дискретного анализа, теории кодирования, криптографии. Вложения графов в гиперкубы и задачи кодирования структурированной информации. Конструкции и свойства помехоустойчивых кодов. Алгебраические и геометрические методы построения и анализа криптографических свойств булевых функций. Исследование задач анализа, синтез и надёжности функционирования дискретных моделей генных сетей.

Исследование вероятностных моделей больших систем взаимодействующих объектов и их применений в математической экономике и эконометрике, финансовой и актуарной математике; разработка методов решения стохастических оптимизационных задач, возникающих при управлении функционированием сложных экономических систем в условиях неопределенности.

Разработка методов исследования и решения задач дискретного программирования. Построение и анализ математических моделей задач проектирования сложных изделий, и разработка алгоритмов решения этих задач. Анализ и решение современных задач календарного планирования и логистики.

Разработка теоретических и технологических основ обработки и представления информации об объектах различной природы с решением задач идентификации по совокупности значений параметров, анализа состояния и моделирования поведения для информационного сопровождения процесса принятия решений.

### **3.4. Общая информация об исполнении исследовательской программы**

В 2021 году в рамках государственного задания ИМ СО РАН выполнялись работы по 22 проектам. По всем проектам планы НИР выполнены. На базе ИМ СО РАН выполнялись работы по 28 проектам РФФИ, по 6 проектам РНФ и по 1 проекту по грантам

Президента РФ. Все выполненные научно-исследовательские работы соответствуют приоритету научно-технологического развития, «большим вызовам», указанным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642: а) переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта.

Получено 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1. Козинец Р. М., Климонтов В. В., Бериков В. Б., Семёнова Ю. Ф. «Программа экспертного анализа данных непрерывного мониторинга уровня глюкозы (CGMEX)» – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2021616872, Федеральная служба по интеллектуальной собственности.
2. Мирошниченко Л. А., Гусев В. Д., Титкова Т. Н., Бахмутова И. В. «Алгоритм Deshifr\_glas\_graf перевода последовательности знамен в последовательность нот» – Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24800, ОФЭРНиО, 2021 doi: 10.12731/ofernio.2021.24800
3. Кулаченко И.Н., Кононова П.А. «Программа оптимизации маршрутов транспортных средств с многократным посещением клиентов» – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Номер регистрации (свидетельства): 2021617091 от 06.05.2021
4. Толстых Д.В., Давыдов И.А. «Программа для оптимизации режимов работы городской системы светофоров» Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Номер регистрации (свидетельства): 2021666768 от 20.10.2021
5. Пальчунов Д. Е., Галиева А. Г. «Программная система «СемКонт». » – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021610633, зарегистрировано 15.01.2021.

Зарегистрирован 1 патент:

Авторы: Брызгунова Ольга Евгеньевна, Рузанкин Павел Сергеевич, Тарасенко Антон Сергеевич, Лактионов Павел Петрович.

Название патента: Способ ранней диагностики опухолей предстательной железы.

Приоритет изобретения: 21 января 2021 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации: 04 октября 2021 г.

Номер: 2756643

### 3.5. Краткое описание и ключевые характеристики результатов реализации исследовательской программ (полученных за отчетный период) и возможность их практического использования (публикации, патенты, новые технологии)

Перечислим важнейшие результаты, полученные в 2021 году.

**Направление 1.** Исследование и решение алгоритмических и аналитических проблем алгебры, теории моделей и теории вычислимости.

Получены следующие основные результаты: доказан аналог теоремы Диксмье для пуассоновой обертывающей простой трехмерной алгебры и для общей пуассоновой обертывающей простой нелиевой алгебры Мальцева; показано, что факторгруппа неразрешимой группы, изоспектральной конечной простой группе, по разрешимому радикалу является циклическим расширением неабелевой простой группы; получена верхняя оценка для суммы порядков элементов неабелевой группы нечетного порядка; вычислены группы когомологий Хохшильда универсальных обертывающих ассоциативных конформных алгебр для конформной алгебры Вирасоро с различными уровнями локальности; доказано, что собственная нетривиальная подгруппа Хьюза произвольной группы нильпотентна степени 3 и её индекс равен 3; доказана гипотеза Шалева для линейных и унитарных групп в случае степенного слова, получена более точная оценка для образа группы; доказано, что знакопеременная группа степени 7 однозначно характеризуется своим множеством порядков элементов в классе всех групп; получено уточнение теоремы Ашбахера для симплектических и ортогональных групп, подгруппы которых обладают нетривиальной нормальной  $p$ -подгруппой для некоторого нечетного простого  $p$ ; доказано, что в разрешимой про- $P$ -группе конечного ранга, где  $P$  - конечное множество простых чисел, существует открытая нормальная пронильпотентная подгруппа; описаны координатные группы неприводимых алгебраических множеств над делимыми метабелевыми обобщённо жёсткими группами; доказано, что две GBS группы, представленные деревьями с метками, универсально (экзистенциально) эквивалентны тогда и только тогда, когда каждая из этих групп вкладывается в другую; построены представления Майорана для всех конечных минимально 3-порождённых групп 6-транспозиций; завершено описание групп автоморфизмов нерасщепляемых расширений элементарных абелевых 2-групп посредством групп  $PSL(2, q)$ ; показано, что конечная группа, имеющая такое же множество порядков элементов как и некоторая конечная простая классической группы, не содержит среди неабелевых композиционных факторов исключительных групп типов  $E_7$  и  $E_8$ ; описаны все операторы Роты-Бакстера ненулевого веса на полной линейной алгебре Ли; доказано, что спектр произвольного оператора Роты – Бакстера веса  $k$  на конечномерной унитарной алгебре является подмножеством  $\{0, -k\}$ .

В теории вычислимости получены следующие результаты: на основе ординальной классификации разработаны новые методы для примитивно рекурсивных и полиномиально представимых моделей, а также новые методы в теории вычислимых нумераций в

иерархии Ершова. Разработаны новые методы и их применение к изучению классических объектов: полей, проективных плоскостей и групп с точки зрения вычислимости. Построен пример связного графа, не обладающего степенью категоричности. Получено полное теоретико-модельное описание семейств, являющихся предельно распознаваемыми с точностью до изоморфизма, которое имеет и вычислимый аналог. Установлено, что не существует предельно распознаваемого, бесконечного семейства линейных порядков.

В рамках теоретико-модельных исследований решена проблема классификации класса моделей с линейным порядком, расширяющего класс  $\omega$ -минимальных моделей на основе логико-топологического подхода к их классификации, получена классификация классов эренфойхтовых теорий, почти счетно категоричных слабо  $\omega$ -минимальных теорий.

В рамках анализа формальных понятий применяются методы атомарных диаграмм для аксиоматизации классов частичных моделей, формально представляющих знания о прецедентах предметной области. Решена проблема аксиоматизации классов фрагментов атомарных диаграмм, имеющих разную сигнатуру для развития теории прецедентных моделей.

В теории неклассических логик и универсальной алгебры построены классификации систем неклассических логик для исследования фундаментальных свойств новых логических структур, решены актуальные проблемы базиремости теорий квазимногообразий и строения классов квазимногообразий.

В задачах приложения на основе прикладных проблем выработаны новые подходы и модели для их изучения. Разработан задачный подход к искусственному интеллекту, который обладает следующими важными свойствами – решает задачу общего искусственного интеллекта, позволяет автоматически находить решение задач, специфицированных в подходящем языке семантического моделирования. Доказана непротиворечивость предсказаний и решений, полученных по специально определенным максимально специфическим правилам.

На базе программной реализации языка Russell были проведены эксперименты по применению метрических методов машинного обучения к автоматическому поиску доказательств, подтвердившие практическую реализуемость алгоритмов автоматического поиска доказательств.

Найдено изоморфное представление для структуры функций, вычислимых на машинах Блюм-Шуба-Смейла, работающих в бесконечном времени, при помощи функций, задаваемых специфическими инфинитарными формулами. Показано, что непрерывность плотного линейного порядка является необходимым и достаточным условием равенства степеней сложности порядка и его интервального расширения. Найдены приложения полученных результатов при описании алгоритмических свойств интервальной семантики глаголов в естественных языках. Для многих известных квазимногообразий алгебраических систем, среди которых квазимногообразия абелевых групп с

константой, коммутативных колец, графов, канторовых алгебр, унар, дифференциальных группоидов и многие другие, установлено существование континуума нестандартных подквазимногообразий.

Доказано существование вложения произвольной конечно порождённой разрешимой группы ступени разрешимости 1 в 4-порождённую разрешимую группу ступени разрешимости  $l+1$ . Описаны радикалы систем уравнений над строгими частичными порядками. Найдены аномальные экстремали левоинвариантных субфинслеровых квазиметрик на связных четырехмерных группах Ли, определяемых полунормами на левоинвариантных двумерных вполне негономных распределениях, и критерии (не)строгой аномальности этих экстремалей. Найдены трехмерные подпространства четырехмерных алгебр Ли, их порождающие, и аномальные экстремали на связных группах Ли с этими алгебрами Ли и с левоинвариантными субфинслеровыми квазиметриками, определяемыми полунормами на таких подпространствах. На основе структурных констант алгебр Ли и двойственных полунорм установлен критерий строгой аномальности этих экстремалей. Доказано, что проблема изоморфизма конечных полугрупп генерически разрешима за полиномиальное время. Также доказано, что если проблема поиска изоморфизма конечных полугрупп трудноразрешима в худшем случае, то существует ее подпроблема, для которой нет полиномиального генерического алгоритма. Изучался переход из диофантовой алгебраической геометрии над абелевыми группами в алгебраическую геометрию с коэффициентами в сервантной подгруппе (то есть абелева группа  $A$  и множество коэффициентов --- сервантная подгруппа  $B < A$ ). Показано, что в общем случае, как и в диофантовом, все неприводимые компоненты приводимого множества изоморфны между собой.

На Программную систему «СемКонт» (авторы: Пальчунов Д.Е., Галиева А.Г.) получено «Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021610633» (зарегистрировано 15.01.2021). Программная система «СемКонт» предназначена для создания формализованных автоматизированных контрактов (смарт-контрактов) с поддержкой их автоматизированной верификации и валидации. Программная система реализует процесс создания смарт-контракта по имеющемуся набору шаблонов и исполнения смарт-контракта, позволяет одновременно с созданием смарт-контракта в автоматизированном режиме сгенерировать его описание на естественном языке для валидации условий, заданных стейкхолдерами.

Полученные результаты являются новыми, уровень результатов соответствует мировому, они опубликованы в ведущих международных математических журналах. Все результаты подкреплены публикациями статей и тезисов конференций в мировых научных журналах, индексируемых в базах Web of Science, Scopus и выступлениями с приглашенными докладами на международных и российских конференциях. Результаты будут использованы в дальнейших исследованиях в области математической логики и теории вычислимости по современным актуальным направлениям, а также могут быть положены в основу развития современных прикладных проблем математического моделирования управления сложными системами и цифровизации представления и обработки больших



данных. Теории нумерации и вычислимых моделей, теорий семантического моделирования являются математическим аппаратом для исследования и разработки алгоритмов для ряда прикладных проблем математики в области «цифровизации» и интеллектуальных систем в области Искусственного интеллекта и машинного обучения. Результаты НИР могут быть использованы в будущем в качестве руководящих методологических принципов при создании компьютеров и программных систем, основанных на новых принципах, систем, поддерживающих коммуникацию с компьютером на естественном языке, систем поиска в интернете и автоматического перевода, а также дальнейших исследованиях по данной теме. Все результаты научно-исследовательской работы могут быть использованы при подготовке учебных курсов и специальных учебных курсов по тематике НИР.

**Направление 2.** Исследование и решение актуальных проблем геометрического анализа и топологии и их приложения

Результаты работы в 2021 году: предпринято детальное исследование булевозначного универсума как алгебраической системы; установлены существование и единственность булевозначной системы, удовлетворяющей аксиомам Соловея — Тенненбаума, и показано, что эти аксиомы логически независимы; полностью описаны локально выпуклые топологии, допускающие существование незамкнутых архимедовых конусов; введены и исследованы понятия полной и решеточной сходимостей в векторных решетках; исследованы взаимосвязи между  $b$ -свойством векторных решеток и бидуально ограниченными  $uo$ -сходимостями; введены и изучены операторы Лебега, Канторовича — Банаха и Леви в топологических векторных решетках; исследованы оценки поточечной скорости сходимости в эргодической теореме Биркгофа; установлены достаточные условия принадлежности нуля предельным спектрам неограниченных самосопряженных интегральных операторов; установлены различные достаточные условия почти компактности частично интегральных операторов в  $L_p$ ; установлена роль инфимальных генераторов в аппроксимации сублинейными операторами; исследована асимптотика решения матричного уравнения восстановления на всей прямой в зависимости от свойств полумультипликативной функции; установлено, что свертка непосредственно интегрируемой по Риману функции и конечной меры является также непосредственно интегрируемой по Риману функцией. Исследован класс отображений группы плоских виртуальных узлов на  $n$  нитях в группу автоморфизмов свободой группы с  $2n$  порождающими. Показано в каком случае эти отображения являются гомоморфизмом, приводящим к линейным представлениям. Показано, что в случае  $n = 2$  представление является точным, а для остальных значений  $n$  получены результаты о строении ядра гомоморфизма. Аналитически и численно исследовано эволюционное движение конечного осесимметричного объёма (“капли”) идеальной несжимаемой жидкости со свободной поверхностью (проблема Л.В. Овсянникова), изучена ненасыщаемая дискретизация эллиптических задач для уравнения Лапласа, возникающих на шаге по времени в этой задаче о “капле”. Исследованы интегрируемые геодезические потоки на трехмерных торах.

Описано действие гиперэллиптических инволюций на трехмерных замкнутых ориентируемых евклидовых многообразиях; получено полное описание многозначных квазимёбиусовых отображений окружности; изучены свойства экстремальных функций для нелинейной  $p$ -ёмкости и связанных с ними плоских отображений. Доказано наличие алгебраических предельных циклов у систем типа Дарбу произвольной степени; установлены достаточные условия решения обратной задачи для сингулярно возмущенной невырожденной системы ОДУ (малый параметр отличен от нуля) в случае, когда правые части являются многочленами; разработана методика изучения высокой параметрической чувствительности решений при переходе от гармонических автоколебаний к релаксационным в системе Ван дер Поля.

Построена многоуровневая модель дезактивации катализатора на основе оксида алюминия; получена формула Решетняка произвольного действительного порядка для преобразования Радона; доказано, что преобразование Уитни индуцирует изоморфизм между когомологиями; исследована тривиальность классов Лосика слоений Роба; построено и исследовано полное связное метрическое пространство, естественным образом реализуемое в трехмерном евклидовом пространстве и непрерывная непостоянная функция на нем с локальным экстремумом в каждой точке; найдены новые примеры соответствия многоуровневой модели экспериментальным данным; показано, что всякое бесконечно малое изгибание первого порядка гладкой поверхности в  $\mathbb{R}^3$  допускает продолжение в бесконечно малое изгибание второго порядка; найдены точные значения константы  $q$  в  $(1, q)$ -обобщенном неравенстве треугольника для 4,5,6-ступенчатых групп Карно с 3-мерным горизонтальным распределением; доказано, что множество вершин правильного многогранника размерности  $>3$ , отличного от 120-ячейника в  $\mathbb{R}^4$ , является однородным метрическим пространством; описаны экстремали левоинвариантных субфинслеровых квазиметрик на группах Гейзенберга, Энгеля и Картана, определяемых распределениями специального вида; получен критерий существования минимума функционала площади; для контактных отображений групп Энгеля доказана перестановочность внешнего дифференцирования с оператором переноса внешних дифференциальных форм; получено описание отображений на группах Карно, индуцирующих ограниченный оператор весовых пространств Соболева; доказана устойчивость изометрий на первой группе Гейзенберга в равномерной норме и в норме Соболева, показана асимптотическая точность полученных результатов; получено обобщение леммы Шварца для непрерывных открытых дискретных отображений класса Соболева с условиями на функцию весового искажения; получено поточечное условие абсолютной непрерывности функций, заданных на  $\mathbb{R}$ ; определены аналоги пространств Соболева для функций, заданных на топологических пространствах с мерой и доказаны соответствующие теоремы вложения; получен новый метод исследования свойств решений у. ч. п.; выведены вероятностные неравенства для сумм случайных величин, заданных на цепи Маркова.

Полученные результаты вносят существенный вклад в решение современных проблем геометрического анализа, топологии и их приложений. Результаты опубликованы в центральных математических журналах и прошли апробацию на международных конференциях и научных семинарах. Они безусловно соответствуют мировому уровню исследований в этой области науки. Результаты рекомендуются для использования в исследованиях проблем чистой и прикладной математики.

Выполненные исследования по прикладной геометрии, с одной стороны, носят законченный характер: каждая публикация закрывает конкретную проблему в описании эволюции порового пространства того или иного сорбента или катализатора. С другой стороны, созданные программы позволяют проводить широкий спектр численных экспериментов. Возникает ряд вопросов об оптимальности построенных моделей, о возможности их применения в схожих задачах. Более того, при вычислении параметра извилистости порового пространства были сформулированы новые проблемы теоретического характера.

**Направление 3.** Разработка и исследование асимптотических методов теории вероятностей и математической статистики и их приложения

Основные результаты состоят в следующем. В исследованиях обобщенных процессов восстановления (ОПВ) найдены основные предельные законы, возникающие при суммировании двух независимых ОПВ (важнейший результат 2021 года). Получены асимптотические неравенства для распределения максимума суммы ОПВ. Для многомерного ОПВ найдена точная асимптотика преобразования Лапласа над распределением в неограниченно возрастающий момент времени. Для обобщенного поля восстановления доказаны варианты принципа больших уклонений в фазовом пространстве. Также найдены условия, при которых случайное поле удовлетворяет условию экспоненциальной плотности. В области граничных задач для случайных блужданий и ОПВ найдена точная асимптотика в граничных задачах для сумм ОПВ. Получены двусторонние неравенства для среднего времени выхода из интервала для случайного блуждания и для однородного случайного процесса с независимыми приращениями. Получены новые оценки скорости сходимости в законе арксинуса для случайных блужданий как при степенных моментных ограничениях на распределение скачка, так и при условии Крамера. Получены оценки для сублинейных математических ожиданий функций от сумм независимых случайных величин. В асимптотических исследованиях математической статистики доказан принцип пуассонизации предельного поведения одного класса аддитивных функционалов от эмпирических считающих мер. При достаточно широких условиях на корреляцию наблюдений доказана равномерная состоятельность некоторых ядерных оценок в задачах непараметрической регрессии. Получены точные экспоненциальные неравенства для центрированных кратных частных сумм наблюдений с мультииндексами. Для некоторых классов процессов рождения-гибели установлены принципы больших уклонений. Проведено исследование различных

пространственных моделей для систем случайного множественного доступа с нестандартными дисциплинами обслуживания. Предложен новый быстрый алгоритм кластеризации больших данных. Доказана состоятельность алгоритма.

Разработано новое вероятностное описание и алгоритм прямого статистического моделирования сообществ индивидуумов, состоящих из нескольких популяций, с учетом взаимодействия индивидуумов и ограниченности времени пребывания индивидуумов в популяциях. Получены предельные теоремы для модели развития ВИЧ инфекции в организме человека, которая интерпретируется в терминах многомерных общих ветвящихся процессов на графе. Для сложной модели ветвящегося процесса Крампа-Мода-Ягерса найдены условия критичности и построен алгоритм вычисления собственных векторов матрицы средней численности потомства частиц в критическом случае через вспомогательный ветвящийся процесс Гальтона-Ватсона существенно меньшей размерности. Получены равномерные по малому параметру оценки погрешности многочлена Лагранжа и кубического сплайна на сетке Бахвалова при наличии пограничного слоя. Исследован многосеточный метод каскадного типа для решения двумерного эллиптического уравнения с параболическими пограничными слоями на сетке Шишкина. Проведен анализ разностных схем с уменьшением схемной вязкости при расчете двумерных струйных течений жидкости.

П.С. Рузанкиным и А.С. Тарасенко в коллективе соавторов получен патент: Брызгунова О. Е., Рузанкин П. С., Тарасенко А. С., Лактионов П. П. «Способ ранней диагностики опухолей предстательной железы», приоритет изобретения: 21 января 2021 г., дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации: 04 октября 2021 г., № 2756643.

Новые результаты, полученные в результате работ по проекту, будут служить дальнейшему прогрессу в области теоретических разработок, а также могут явиться методологическим базисом для решения ряда прикладных вероятностных и статистических задач в биологии, медицине, геофизике, коммуникационных и экономических сетях обслуживания. При проведении исследований разработаны новые и усовершенствованы найденные ранее академиком А.А. Боровковым и представителями его школы оригинальные подходы и методы для детального анализа вероятностных свойств случайных блужданий и процессов.

Результаты могут быть использованы при разработке пакетов прикладных программ по моделированию различных конвективно-диффузионных процессов с преобладающей конвекцией. Все результаты носят фундаментальный характер. Уровень полученных результатов сопоставим с мировым, большинство из них не имеют аналогов.

#### **Направление 4.** Развитие теории дифференциальных уравнений и ее приложения к задачам естествознания.

За отчетный период получен ряд новых результатов по краевым задачам для различных классов уравнений с частными производными, по устойчивости и качественным свойствам решений некоторых классов дифференциально-разностных уравнений, а также по численным методам в теории оптимального управления и идентификации динамических систем.

Изучена задача о периодических решениях класса систем нелинейных дифференциальных уравнений, линейная часть которых экспоненциально дихотомична и имеет периодические коэффициенты. На основе установленного критерия экспоненциальной дихотомии доказаны теоремы о возмущении для экспоненциальной дихотомии для линейных дифференциальных уравнений с периодическими коэффициентами, о существовании периодических решений рассматриваемого класса систем дифференциальных уравнений, об устойчивости периодических решений относительно малых возмущений коэффициентов в линейной части и нелинейных членов. Разработан метод синтеза оптимального по расходу ресурса управления линейной системой при действии неизвестного возмущения, получены условия идентифицируемости параметров линейных разностных уравнений и установлена сходимость алгоритмов вариационной идентификации.

Доказана устойчивость и единственность обнаруженных ранее циклов в инвариантных областях фазовых портретов динамических систем специального вида. В фазовых портретах кусочно-линейных динамических систем размерностей 4, 5 и 6, моделирующих кольцевые генные сети, построены инвариантные области, содержащие по одному циклу. Доказана устойчивость таких циклов. Вне этих инвариантных областей рассматриваемые динамические системы размерностей 5 и выше могут иметь и другие циклы. Для подобной гладкой системы размерности 6 описана двумерная инвариантная поверхность, содержащая соответствующий цикл. Доказано, что трёхмерные динамические системы, моделирующие циркадные осцилляторы, циклов не имеют. Для моделей размерности 6 и 7 получены условия существования циклов у циркадных осцилляторов. Все результаты являются новыми и не имеют аналогов в мировой литературе. Доказана устойчивость и единственность обнаруженных ранее циклов в инвариантных областях фазовых портретов динамических систем специального вида. Новый метод интерпретации данных «canister test», позволяющий на основе решения обратной задачи дать количественную оценку газоносности, коэффициентов диффузии и кинетики десорбции, апробирован на результатах реальных измерений. Для гиперболического уравнения с переменными коэффициентами впервые построен регуляризирующий алгоритм для решения задачи о продолжении волнового поля с границы полуплоскости внутрь этой полуплоскости. Для решения обратной задачи определения показателя преломления многокомпонентных сред по гильбертограммам, полученным на нескольких длинах волн, предложен алгоритм восстановления фазовых функций. Построены новые математические модели 2D томографии тензорных полей с непустым сингулярным носителем, заданных в единичном круге с римановыми метриками, геодезические которых инвариантны относительно вращений и отражений. Проведено теоретическое исследование методов решения задачи восстановления сингулярного носителя тензорного поля.

Разработано обобщение унифицированной модели сплошной среды для описания течений вязкопластической жидкости. Новая модель за счет соответствующего выбора функции релаксации позволяет изучать течения жидкостей типа Бингама и Гершеля–Балкли,

а также степенные модели вязкопластичности. При этом в унифицированном подходе нет необходимости выделения поверхностей, разделяющих области вязкого и невязкого течения. Исследованы абстрактные дифференциальные уравнения в банаховом пространстве, обобщающие систему уравнений акустики. Для таких уравнений построены классы возмущений, при которых все решения с начальными данными из некоторого всюду плотного подпространства остаются ограниченными. найдены необходимые и достаточные условия для того, чтобы у неавтономной смешанной задачи все решения стабилизировались к нулю за конечное время. Установлено, что рассматриваемая задача обладает этим свойством стабилизации, устойчивым по отношению к малому изменению коэффициентов системы, тогда и только тогда, когда все главные миноры матрицы  $P$  равны нулю, что равносильно тому, что матрица, составленная из абсолютных значений коэффициентов отражения, нильпотентна. При этом найдена эффективная оценка времени стабилизации, определяемая через порядок нильпотентности соответствующей матрицы. Этот алгебраический критерий позволил выделить новый класс задач для неавтономных гиперболических систем в случае как автономных, так и неавтономных граничных условий отражения, обладающий свойством стабилизации решений к нулю.

В задаче интерполяции полными сплайнами чётной степени рассмотрен вопрос получения ленточной системы линейных уравнений в базисе из В-сплайнов. Установлено, что в этом случае крайние коэффициенты разложения по В-сплайнам можно найти по явным формулам, определяемым из выражений хорошо известных функционалов Бора-Фикса. Показано, что выражения для функционалов Бора-Фикса можно записать через элементарные симметрические многочлены нескольких переменных. . В задаче выпуклой интерполяции обобщёнными кубическими сплайнами рассмотрен вопрос выбора параметров натяжения. Приведены условия сохранения сплайном выпуклости данных, дано описание области параметров, обеспечивающих требуемое натяжение. Приведён простой и надёжный априорный алгоритм глобального выбора управляющих натяжением параметров на всей области данных. Алгоритм гарантирует, что обобщённый кубический сплайн является выпуклым и минимально, в некотором смысле, отличается от классического кубического, а в случае подчинения данных условиям выпуклости классического кубического сплайна совпадает с ним.

В обратной кинематической задаче сейсмологии с внутренними источниками рассмотрена задача восстановления упругих характеристик среды по реальным данным о временах вступления продольной и поперечных волн на детекторы нескольких разнесённых сейсмостанций в районе Камчатки. Применение многомерных сплайнов на основе базисов типа радиальных позволило построить непрерывную модель среды в фокальной зоне и вычислить для анализа глубинных структур такие параметры, как коэффициент Пуассона, модуль Юнга, параметры Ламе.

Разработана технология сплайн-аппроксимации многомерных данных на нерегулярных сетках, позволяющая строить функции годографа с контролируемым сглаживанием дискретных зашумленных данных о временах пробега упругих волн от гипоцентров землетрясений до сейсмоприемников.

Продолжена работа по развитию и совершенствованию методов автоматизированного проектирования элементов проточного тракта гидротурбин на основе численного моделирования течения. В текущем году работы велись по разработке методики и созданию программных средств моделирования течения в области протечки между рабочим колесом и его камерой. Предложена методика и разработаны соответствующие программные средства в рамках системы АСТРА для генерации регулярных сеток в областях протечки. Проведенные расчеты течения в областях протечки для рабочего колеса средней быстроходности Усть-Илимской ГЭС и тихоходного рабочего колеса ГЭС Ла Игера (Чили) с различными конфигурациями разгрузочных элементов показали сравнимость их с расчетами по инженерно-эмпирической модели. Разработанная методика позволяет проводить серийные расчеты течений в областях протечки и может быть использована для усовершенствования конфигурации разгрузочных устройств радиально-осевых гидротурбин. Разработаны методики геометрического моделирования областей сложной геометрии в рабочем колесе гидротурбины и построения сеток для определения осевых и радиальных усилий в нестационарном потоке. Методики реализованы в виде программных модулей системы АСТРА и переданы в промышленную эксплуатацию на АО «Силовые машины – ЛМЗ» в Санкт-Петербурге.

Проводилось исследование задачи со свободной границей для контактного разрыва в МГД идеальной сжимаемой жидкости с учетом поверхностного натяжения. Доказано локальное по времени существование и единственность этой нелинейной характеристической гиперболической задачи при любом коэффициенте поверхностного натяжения. Показано, что поверхностное натяжение играет стабилизирующую роль в том смысле, что для разрешимости задачи не требуется выполнение условия Рэлея – Тейлора в каждой точке начального разрыва. Результат получен в общем трехмерном случае.

Разработан адаптивный по времени метод конечных элементов для задачи идентификации параметров в системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Рассматривается математическая модель, описывающая влияние лекарственного препарата (ингибитора обратной транскриптазы) на динамику ВИЧ-инфекции.

Решена задача о форме и динамике вихревой линии калибровочного поля в средах с нарушением пространственной чётности. Рассмотрение проведено в рамках нерелятивистской абелевой модели Хиггса, дополненной вкладками, меняющими знак при пространственной инверсии. Показано, что в статическом пределе вихревая линия имеет форму спирали с определённым соотношением между кривизной и кручением. Динамика линии описывается нелинейным уравнением движения, линеаризация которого позволила получить закон дисперсии и поляризацию малых колебаний, распространяющихся вдоль вихревой линии.

Показано также, что полученное уравнение движения может быть представлено в виде нелинейного уравнения Шрёдингера с новым типом нелинейности. получены предсказания для сечений и угловых распределений процессов рождения бозона Хиггса и струй адронов на Большом Адронном Коллайдере. Предлагается исследовать на Большом Адронном Коллайдере (БАК) процессы рождения бозона Хиггса и струй адронов в кинематической области, когда детектируемые бозон Хиггса и струя адронов разделены большим интервалом быстроты. Такие реакции открывают новые возможности для исследования на БАК динамики сильных взаимодействий кварков и глюонов в пределе Редже. Используя метод Балитского-Фадиана-Кураева-Липатова, получены предсказания для сечений и угловых распределений этих процессов.

Все полученные результаты являются новыми и их научный уровень соответствует мировому уровню лучших достижений в данной области. Полученные результаты опубликованы в высокорейтинговых научных изданиях, индексируемых в Web of Science, Scopus, MathSciNet, РИНЦ. Полученные результаты дают также новые методы для решения конкретных задач управления объектами, для обработки больших объемов данных, в том числе аудио- и видеоинформации, для анализа моделей функционирования различных систем. Полученные результаты соответствуют мировому уровню развития науки в соответствующей области и могут найти применение при исследовании вновь возникающих задач и практических приложениях в физике, механике, акустике, геофизике. Многие результаты имеют не только теоретический характер, но и могут быть использованы во многих прикладных дисциплинах. К ним относятся: разработка корректных математических моделей геофизики, астрофизики и космологии; проблемы стимуляции нефтяных месторождений при слабых, но длительных вибрационных воздействиях; описание течений многофазных и неньютоновских жидкостей; моделирование химических процессов и реакторов; задачи теории упругости; проблемы управления неустойчивыми эволюционными процессами. Полученные результаты и программное обеспечение могут быть использованы при конструировании и изготовлении гидротурбин (фактически уже используются), при математическом моделировании и изготовлении перспективных образцов микроэлектромеханических резонаторов, при разработке новых методов медицинской диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Результаты предназначены для использования на физических установках, в том числе, на самых известных: BaBar, Belle, Belle II, BES III, LHC (БАК). Кроме того, в процессе работы возникли новые теоретические проблемы, которые предстоит решать в ближайшем будущем.

#### **Направление 5.** Исследование и решение экстремальных, игровых и комбинаторных задач на дискретных структурах

Исследованы новые задачи дискретной оптимизации, построены математические модели и разработаны эффективные алгоритмы приближённого и точного решения для задач маршрутизации, упаковки, размещения и теории расписаний. Исследованы новые задачи транспортной логистики, возникающие в реальных приложениях. Разработаны математические модели и



оптимизационные алгоритмы, в том числе использующие имитационное моделирование для оценки значений целевой функции. Проведены вычислительные эксперименты на реальных исходных данных. Исследованы новые задачи кластеризации и их свойства, в том числе вычислительная сложность. Получены новые полиномиальные алгоритмы с гарантированными оценками точности. Исследованы новые модели и разработаны алгоритмы решения для динамических двухуровневых частично-целочисленных задач с двумя целевыми функциями на верхнем уровне, в частности, модель социально-ориентированного стратегического планирования, учитывающую в явном виде интересы государства, частного инвестора и населения и модель формирования инвестиционной политики государства в ресурсном регионе.

Исследована задача, моделирующая прикладную проблему поиска семейства подмножеств (кластеров), состоящих из похожих объектов. Для нескольких вариантов задания центров искомых кластеров доказано, что уже в случае поиска двух кластеров экстремальная задача является труднорешаемой. Рассмотрена экстремальная задача, моделирующая одну из прикладных проблем помехоустойчивой обработки квазипериодических сигналов; показано, что задача разрешима за полиномиальное время. Разработаны новые модели машинного обучения при наличии некорректно заданной и неполной обучающей информации, основанные на коллективной кластеризации и малоранговом представлении матрицы сходства. Исследованы свойства разложения ошибки кроссвалидации на смещение и дисперсию. Предложен метод кластеризации логических высказываний и сравнения результатов на основе индексов качества. Разработанные модели и методы применены для решения прикладных задач анализа изображений и медико-биологической информации. Продолжена разработка общих подходов для сравнения и дифференциации близких символьных последовательностей различной языковой природы. Подход, основанный на использовании спектров периодичностей апробирован на полных геномах коронавируса трех видов: MERS, SARS и SARS-CoV-2. Разработан и реализован новый алгоритм нотолинейной реконструкции древнерусских знаменных песнопений. С целью оценки убедительности русскоязычных текстов научного и научно-популярного жанра 1) исследована применимость алгоритмов машинного обучения к формально построенным униграммным описаниям текста для выявления предложений с аргументацией; 2) адаптирован метод  $n$ -граммного анализа для автоматического выявления приемов аргументации в аргументационных структурах.

Исследована задача, моделирующая прикладную проблему цензурирования данных, представленных объектами 2-ух классов, часто возникающую при анализе биомедицинских данных, требующем полного сохранения объектов одного из классов. Доказано, что в случае очистки данных от шумовых объектов только одного класса экстремальная задача является NP-трудной в сильном смысле.

Найдена асимптотика числа трансверсалей в латинских гиперкубах, полученных суперпозицией (итерированием) бинарной квазигруппы. Для итерированных групп установлено, что главный член этой асимптотики определяется мощностью коммутанта. Кроме

того, разработанная методика дает асимптотические оценки для числа частичных трансверселей, кратных трансверселей (плексов) и других подобных подструктур в итерированных группах и квазигруппах.

Найдена минимальная мощность носителя произвольной  $(2n-3i)$ -собственной функции графа Хэмминга  $H(n, 3)$  для всех  $i > n/2$ . Рассмотрена проблема поиска минимальной мощности носителя произвольной собственной функции с фиксированным собственным числом графа Хэмминга  $H(n, q)$ . Проблема поиска минимальной мощности носителя произвольной собственной функции графа Хэмминга решена для незакрытого случая  $q=3$  и половины собственных значений. Используя данные результаты, также удалось установить минимальный размер 1-совершенных трейдов в графе Хэмминга  $H(n, 3)$ . Для каждого известного в литературе кватернарного кода Рида-Маллера доказано существование базы минимального веса. Установлены условия для суперцикличности двудольных графов.

Доказано, что известные необходимые условия на спектр любого гамильтонова цикла в булевом гиперкубе (иначе называемого кодом Грея) являются достаточными для его существования. Предложены новые методы построения таких циклов, доказывающие этот результат. Тем самым окончательно решена известная комбинаторная проблема. Т. И. Федоряевой получены сильные результаты о структурных свойствах типичных графов заданного диаметра. Они значительно расширяют наши представления о метрической структуре типичных графов (свойство графов типичное, если почти все графы рассматриваемого класса обладают этим свойством). На основе типичных свойств метрических шаров, содержащихся в графе Т. И. Федоряевой исследованы типичные метрические свойства класса  $n$ -вершинных графов диаметра  $k$  и их параметров. Описана структура и спектр графов этого класса. Доказано, что для любого фиксированного  $k \geq 3$  почти все  $n$ -вершинные графы диаметра  $k$  имеют радиус  $\lfloor k/2 \rfloor$ , при этом радиус почти всех графов диаметра 1 и 2 равен диаметру, а при  $k \geq 3$  выделено два типа центральных вершин, необходимых и достаточных для нахождения центров почти всех графов описанного класса. Для  $k \geq 4$  доказано, что спектр центра ограничен интервалом из последовательных целых чисел, за исключением не более одного значения вне этого интервала для чётного  $k$  и двух значений для нечётного  $k$ . Исследована связь  $q$ -ичных совершенных кодов с исправлением одной ошибки и  $q$ -ичных кодов Рида-Маллера. При  $q > 2$  найдены параметры аффинных кодов Рида-Маллера порядка  $(q-1)t-2$ , и доказана квазисовершенство этих кодов. Предложена конструкция  $q$ -ичных совершенных кодов, исправляющих одну ошибку, использующая коды с параметрами аффинных кодов Рида-Маллера.

Предложены три схемы неаддитивного интегрирования, основанные на различных продолжениях интегрируемых функций и неаддитивных функций множества на соответствующие симметрические степени исходных измеримых пространств. В рамках разработанных схем дан обзор интегральных представлений некоторых классических объектов теории кооперативных игр. Предложен унифицированный подход к рассмотрению конечных и бесконечных игр. Особое внимание уделено вектору Шепли, обобщенному

расширению Оуэна и опорной функции ядра выпуклой игры. Введено обобщенное понятие предельного договорного распределения (называемого К-предельным нечетким договорным договором). Доказана эквивалентность равновесий с ценообразованием по предельным издержкам (МСР-равновесий) и К-предельных нечетких договорных распределений. Этот результат можно рассматривать как теоретическое обоснование концепции МСР-равновесия в невыпуклых экономиках и обоснование договорного подхода как универсального способа моделирования совершенной конкуренции. Разработана динамическая модель развития хозяйствующего субъекта, учитывающая два новых условия функционирования экономики: требование сохранения заданного уровня благосостояния, а также требование минимизации необходимого уровня производства. Для случая среднесрочного (до 10 лет) горизонта прогнозирования показано, что стратегии, полученные в рамках предложенной модели, лучше стратегий, полученных в рамках классической модели Рамсея-Касса-Купманса, по двум критериям: интегральное благосостояние и интегральный уровень производства. Для модели международной торговли в условиях монополистической конкуренции при наличии инвестиций в НИОКР показано, что вблизи автаркии общественное благосостояние возрастает. Исследована ситуация кусочно-постоянного ценообразования (в структуре «производитель - розничный торговец - потребитель») в динамической модели маркетинга; показано, что, если оптовые скидки постоянны, а розничные скидки кусочно-постоянны, то в случае, когда лидером является производитель, равновесие Штакельберга может быть вычислено явно. На базе результатов экспериментальных исследований (с использованием разнообразного математического аппарата) разработаны алгоритмы и номограммы для поиска технологий, обеспечивающих эффективные способы возделывания зерновых. Обоснована рациональная структура применения трех уровней агротехнологий (экстенсивной, нормальной и интенсивной), обеспечивающих конкурентоспособность возделывания зерновых культур.

Построено семейство задач, на которых эволюционный алгоритм (ЭА) с турнирной селекцией при размере турнира, равном 3, при подходящей вероятности мутации находит оптимум в среднем за полиномиально ограниченное время, тогда как для ЭА с элитой требуется экспоненциальное время с вероятностью, близкой к 1. Для задач дискретной оптимизации с двумя критериями выделены специализированные структуры множества Парето и разработаны процедуры их идентификации. Построены семейства задач о покрытии множества и маршрутизации с одним транспортным средством с указанными структурами, получены результаты о сужении множества Парето с помощью аксиоматического подхода. Проведено исследование задач с нечеткими входными данными в виде треугольных чисел. Целевая функция задается суммой некоторого подмножества нечетких входных данных. Построена четкая модель с двумя критериями: целевая функция и степень уверенности. Разработан генетический алгоритм для решения обобщенной задачи о назначениях с нижними ограничениями на загрузку агентов и ограничениями на число типов работ. Разработан генетический алгоритм решения задачи балансировки реконфигурируемой линии механической обработки с использованием машин с ЧПУ. Разработаны

новые модели булева программирования для решения задач проектирования сложных изделий с учётом дополнительных характеристик элементов, входящих в изделие. Построена модель целочисленного программирования для оптимального размещения прямоугольных взаимосвязанных объектов на параллельных линиях при трассировке связей между объектами через виадук. Для задачи одного станка с критерием минимизации средневзвешенного времени выполнения работ одинаковой длительности построен алгоритм предобработки входных данных, позволяющий декомпозировать задачу на ряд подзадач с более простой регулярной структурой, проведено параметрическое исследование таких структур. Для задачи развозки топлива на заправки построены и исследованы модели максимизации прибыли с учетом типов транспортных средств (секционность бензовозов). Модель учитывает как транспортные издержки, так и планирование запасов на бензоколонках. Предложен новый подход к решению задачи на базе эволюционных алгоритмов. Рассмотрены задачи составления расписаний, где длительности работ зависят от потребления общего ресурса. Зависимость выражается выпуклой функцией, например, потребление энергии в многопроцессорных компьютерных системах и рабочая нагрузка в производственных отраслях. В качестве критерия оптимизации выступает общий момент завершения работ. Для задачи составления расписания выполнения программных модулей на многоядерном процессоре с учетом ограниченной пропускной способности шины данных и частичного порядка выполнения предложены две математических формулировки с разными уровнями детализации, каждая из которых является NP-трудной задачей.

Для практически значимых критериев качества управления впервые формализованы неаддитивные задачи оптимального планирования и оптимального управления в реальном масштабе времени групповым обходом заданных на плоскости зон при заданном пространственном распределении рисков потери управления. Основные результаты получены с помощью разработанных модификаций оригинального метода упругого следа. Разработаны алгоритмы сравнения форм изображений с использованием гамильтоновой механики при формировании метрики в пространстве диффеоморфизмов. Метод LDDMM расширен для решения задач неточного сравнения отображений. Построены алгоритмы сравнения форм объектов с использованием методов вычислительной топологии. Разработаны соответствующие коды на Java и проведено моделирование для определения достоверности результатов. Для обеспечения целостности представления данных разработана формальная теория функциональных зависимостей и зависимостей включения в базах данных. Новизна заключается во введении областей определения зависимостей. Доказана полнота и непротиворечивость соответствующих систем аксиом. Получено обобщение правил вывода для зависимостей соединения.

Полученные результаты являются новыми и соответствуют мировому уровню исследований. Полученные результаты опубликованы в международных рейтинговых изданиях и доложены на международных конференциях. Результаты способствуют развитию математических методов анализа данных, распознавания образов, теории дискретных экстремальных задач. Они имеют

приложения, в частности, в исследовании операций, комбинаторной геометрии, вычислительной математике. Теоретические результаты и вычислительные технологии являются инструментами для решения проблем из широкого спектра естественно-научных и технических приложений. Полученные результаты соответствуют мировому уровню достижений в области математических методов анализа данных и распознавания образов, а по некоторым позициям определяют этот уровень. Области применения полученных результатов: а) теория дискретных экстремальных задач, математические методы анализа данных, распознавания образов и прогнозирования, теория вычислительной сложности, статистический анализ временных рядов, вычислительная математика и др.; б) мониторинг (в том числе космический), дистанционное зондирование, геологоразведка, техническая и медицинская диагностика, обработка данных численных экспериментов, компьютерная томография, компьютерная лингвистика, биоинформатика и др.

В рамках работы по данному направлению получено четыре свидетельства о государственной регистрации программ:

- 1) Козинец Р. М., Климонтов В. В., Бериков В. Б., Семёнова Ю. Ф. «Программа экспертного анализа данных непрерывного мониторинга уровня глюкозы (CGMEX)» – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ RU 2021616872, Федеральная служба по интеллектуальной собственности.
- 2) Мирошниченко Л. А., Гусев В. Д., Титкова Т. Н., Бахмутова И. В. «Алгоритм Deshifr\_glas\_graf перевода последовательности знамен в последовательность нот» – Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24800, ОФЭРНиО, 2021 doi: 10.12731/ofernio.2021.24800
- 3) Кулаченко И.Н., Кононова П.А. «Программа оптимизации маршрутов транспортных средств с многократным посещением клиентов» – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Номер регистрации (свидетельства): 2021617091 от 06.05.2021
- 4) Толстых Д.В., Давыдов И.А. «Программа для оптимизации режимов работы городской системы светофоров» Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Номер регистрации (свидетельства): 2021666768 от 20.10.2021

### **3.6. Потребители (заказчики) результатов исследований научно-исследовательской программы (обязательно при наличии проектов, включающих проведение поисковых и прикладных научных исследований)**

В 2021 году проведены работы по хоздоговорам:

- 1) АО “Силовые машины - ЛМЗ”, договор 71/20, Разработка программы оптимизации отсасывающих труб гидравлических турбин, июнь 2020 года – июнь 2021 года, договор 72-21, Разработка программ расчета течения и автоматического проектирования осевых вертикальных насосов, август 2021 года – декабрь 2021 года. Сумма на 2021 – 2730000 руб.

- 2) Высший Колледж Информатики НГУ. Разработка алгоритма и программного модуля, рассчитывающего режим работы проточного сложносоставного реактора на основе катализаторов со сложной иерархической структурой порового пространства, договор 04-21/01, март 2021 – сентябрь 2022. Сумма на 2021 – 300 000 руб.
- 3) С ООО «Техкомпания Хуавэй» заключены 3 договора. Сумма на 2021г. Сумма на 2021 – 28 695 902 руб.
- 4) ООО «ЛЕДАС», договор 4/21. Разработка эффективных алгоритмов трехмерного моделирования зданий и управления процессом строительства. Сумма на 2021 – 550 000 руб.
- 5) ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», договор 6210021/0387Д. Сумма на 2021 – 500493 руб.

### **3.7. Новизна и исключительность (конкурентные преимущества), оценка конкурентоспособности на национальном и мировом уровне, влияние на политику импортозамещения, а также на развитие областей российской науки, на социально-экономическое развитие Российской Федерации, субъекта Российской Федерации**

Можно с уверенностью утверждать, что полученные результаты соответствуют мировому уровню, а по некоторым позициям определяют этот уровень. В процессе работ по проектам НИР получены результаты, обеспечивающие их авторам лидирующее положение в соответствующих областях. Все результаты подкреплены публикациями статей и тезисов конференций в мировых научных журналах, индексируемых в базах Web of Science, Scopus и выступлениями с приглашенными докладами на международных и российских конференциях.

Результаты будут использованы в дальнейших исследованиях в области математической логики и теории вычислимости по современным актуальным направлениям, а также могут быть положены в основу развития современных прикладных проблем математического моделирования управления сложными системами и цифровизации представления и обработки больших данных. Теории нумерации и вычислимых моделей, теорий семантического моделирования являются математическим аппаратом для исследования и разработки алгоритмов для ряда прикладных проблем математики в области «цифровизации» и интеллектуальных систем в области Искусственного интеллекта и машинного обучения. Результаты НИР могут быть использованы в будущем в качестве руководящих методологических принципов при создании компьютеров и программных систем, основанных на новых принципах, систем, поддерживающих коммуникацию с компьютером на естественном языке, систем поиска в интернете и автоматического перевода, а также дальнейших исследованиях по данной теме.

Полученные результаты достоверны и вносят существенный вклад в исследуемую область анализа. Результаты рекомендуются для использования в исследованиях проблем чистой и прикладной математики. Полученные прикладные результаты могут быть

применены для разработки нефтяных месторождения и для создания новых более эффективных катализаторов для очистки тяжелой нефти.

Результаты могут быть использованы при разработке пакетов прикладных программ по моделированию различных конвективно-диффузионных процессов с преобладающей конвекцией.

Полученные результаты дают также новые методы для решения конкретных задач управления объектами, для обработки больших объемов данных, в том числе аудио- и видеоинформации, для анализа моделей функционирования различных систем. Полученные результаты соответствуют мировому уровню развития науки в соответствующей области и могут найти применение при исследовании вновь возникающих задач и практических приложениях в физике, механике, акустике, геофизике. Многие результаты имеют не только теоретический характер, но и могут быть использованы во многих прикладных дисциплинах. К ним относятся: разработка корректных математических моделей геофизики, астрофизики и космологии; проблемы стимуляции нефтяных месторождений при слабых, но длительных вибрационных воздействиях; описание течений многофазных и неньютоновских жидкостей; моделирование химических процессов и реакторов; задачи теории упругости; проблемы управления неустойчивыми эволюционными процессами. Полученные результаты и программное обеспечение могут быть использованы при конструировании и изготовлении гидротурбин (фактически уже используются), при математическом моделировании и изготовлении перспективных образцов микроэлектромеханических резонаторов, при разработке новых методов медицинской диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Результаты предназначены для использования на физических установках, в том числе, на самых известных: BaBar, Belle, Belle II, BES III, LHC (БАК). Кроме того, в процессе работы возникли новые теоретические проблемы, которые предстоит решать в ближайшем будущем.

Результаты способствуют развитию математических методов анализа данных, распознавания образов, теории дискретных экстремальных задач. Они имеют приложения, в частности, в исследовании операций, комбинаторной геометрии, вычислительной математике. Теоретические результаты и вычислительные технологии являются инструментами для решения проблем из широкого спектра естественно-научных и технических приложений. Области применения полученных результатов в области математических методов анализа данных и распознавания образов: а) теория дискретных экстремальных задач, математические методы анализа данных, распознавания образов и прогнозирования, теория вычислительной сложности, статистический анализ временных рядов, вычислительная математика и др.; б) мониторинг (в том числе космический), дистанционное зондирование, геологоразведка, техническая и медицинская диагностика, обработка данных численных экспериментов, компьютерная томография, компьютерная лингвистика, биоинформатика и др. Результаты НИР в области теории графов имеют фундаментальный характер, могут использоваться

в преподавательской деятельности, а также для дальнейших исследований в заявленной области; все полученные результаты находятся на переднем крае науки, не уступают лучшим достижениям в данной области. Получены решения как новых, так и тех задач, продвижение в решении которых позволят существенно продвигаться дальше в понимании трудностей или дают новый взгляд на исследуемые вопросы. Некоторые решения используют новые методы и подходы, другие, как, например, решение задач о существовании и построении цепей и циклов со специальными спектральными свойствами, потребовали преодоления существенных комбинаторных трудностей. Полученные результаты могут быть использованы для внутренних потребностей развития теоретических вопросов математической экономики, в частности, математического программирования, общей теории экономического равновесия и договорных отношений. Эти результаты также могут найти применение в областях науки, техники и народного хозяйства, в которых используются методы математического моделирования сложных социально-экономических систем и процессов. Основные результаты имеют теоретическую и практическую значимость, могут быть использованы в дальнейших исследованиях задач дискретной оптимизации и решении ряда практических задач, возникающих в управлении, планировании и проектировании. Полученные результаты предназначены для разработки информационных систем, решающих комплексные задачи информационного обслуживания лиц, принимающих решения.

Разработанный гибридный алгоритм построения расписаний многопродуктового производства может быть применен для составления расписаний химических производств, включающих стадии подачи сырья, хранения сырья, основной операции, хранения готового продукта и его отгрузки. Построенные модели целочисленного линейного программирования могут использоваться при проектировании сложных изделий в легкой промышленности. Задача выбора наименьшего подмножества в указанном множестве точек при заданном ограничении снизу на квадрат евклидовых расстояний между выбранными точками имеет применения в социальных науках. В частности, если данные точки соответствуют людям, так что координаты точек равны некоторым характеристикам этих людей, то указанная задача может рассматриваться как задача поиска достаточно разнородной группы людей минимальной численности. Алгоритмы решения задач размещения могут применяться при проектировании систем радиосвязи в условиях Крайнего Севера. Математическая модель и алгоритмы решения задачи оптимального размещения взаимосвязанных прямоугольных объектов на линиях с запрещенными зонами с учетом прокладки коммуникаций по виадуку могут быть использованы при проектировании коммуникаций между производственными модулями, например, в нефтехимической промышленности. Предложенные полиномиальные приближенные алгоритмы позволяют составлять энергетически эффективные расписания работы приложений в многопроцессорных компьютерных системах - как с общей памятью, так и с распределенной памятью. Алгоритмы построения



циклического расписания обработки партии идентичных деталей применимы при составлении расписаний для химической обработки деталей в автомобильной промышленности.

Все результаты научно-исследовательской работы могут быть использованы при подготовке учебных курсов и специальных учебных курсов по тематикам НИР.

#### **РАЗДЕЛ 4. Результаты выполнения мероприятий по развитию кадрового потенциала организации**

Развитие кадрового потенциала организации направлено на улучшение целевого показателя 1.3 из программы «Наука»: Место Российской Федерации по численности исследователей в эквиваленте полной занятости среди ведущих стран мира (по данным Организации экономического сотрудничества и развития; на улучшение целевого показателя 2.1 из программы «Наука»: Численность российских и зарубежных учёных, работающих в российских организациях и имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных; и на улучшение целевого показателя 2.2: Доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности российских исследователей.

Для улучшения этих показателей развитие кадрового потенциала организации планируется вести по двум направлениям: с одной стороны повышение квалификации научных сотрудников, а с другой омоложение состава института. Повышение квалификации научных сотрудников будет происходить за счёт улучшения качества статей, появления новых актуальных направлений исследований.

Общее количество исследователей выросло по сравнению с прошлым годом. На ноябрь 2021 их численность составляла 309 человек, из них 118 исследователей в возрасте до 39 лет (включительно), что значительно превышает план (96). Но, на конец года показатель по числу исследователей в возрасте до 39 лет не выполнен так как, научные сотрудники, принятые в Международный математический центр, были уволены в конце года. По правилам МЦА контракты с сотрудниками были заключены до ноября 2021 года. Научные сотрудники по проектам-победителям конкурсов будут приняты на работу в 2022 году. Под руководством молодых научных сотрудников в возрасте до 39 лет в 2021 году выполнялись работы по 3 проектам Математического центра в Академгородке:

- Цифровизация математических моделей и интеллектуальные системы обработки данных (рук. – Баженов Н.А.). Сумма в 2021 году – 9 000 000 руб.;
- Теория оптимального управления (рук. – Карманова М.Б.). Сумма в 2021 году – 8 500 000 руб.;
- Криптография и информационная безопасность (рук. – Токарева Н.Н.). Сумма в 2021 году – 5 000 000 руб.;

7 проектам РФФИ:

- 20-31-70043 «Стабильность 2019», Методы построения и свойства нелинейных булевых функций: APN-функции и бент-функции (рук. - Городилова А.А.). Сумма на весь период работ – 4 000 000 руб. (получена в 2019 году);
- 20-31-70006 «Стабильность 2019», Универсальные классы вычислимых алгебраических структур (рук. - Баженов Н.А.). Сумма на весь период работ – 4 000 000 руб. (получена в 2019 году);
- 19-31-60009 «Перспектива 2019», Интерполяционные методы для функций с большими градиентами и их применение в двухсеточных алгоритмах (рук. – Задорин Н.А.). Сумма на 2021 год – 2 000 000 руб.;
- 19-47-540005 «р\_а 2019», Эффективные методы оптимизации маршрутизации грузового транспорта (рук. - Кононова П.А.). Сумма в 2020 году – 375 000 руб.;
- 19-31-90093 «Аспиранты 2019», Метрические свойства отображений и кодов, представляющих интерес для криптографических систем и кодирования информации (рук. - Токарева Н.Н.). Сумма в 2021 году – 400 000 руб.;
- 19-31-90031 «Аспиранты 2019», Алгоритмы с гарантированными оценками качества для квадратичной евклидовой задачи мощностно-взвешенной кластеризации (рук. - Хандеев В.И.). Сумма в 2021 году – 400 000 руб.;
- 19-01-00308 «А 2019» Задачи дискретной оптимизации в анализе данных и распознавании образов (рук. - Хандеев В.И.). Сумма в 2021 году – 1 000 000 руб.;

1 проекту по гранту Президента РФ:

- МК-1241.2021.1.1 «Операторы Роты-Бакстера и алгебры Пуассона» (рук. – Губарев В. Ю.). Сумма в 2021 году – 600 000 руб.

В 2021 году в ИМ СО РАН продолжает работу новая лаборатория (создана в 2019 году), за которой закреплена отдельная тема государственного задания. В состав лаборатории входят 11 молодых научных сотрудников, руководитель – д.ф.-м.н. Н.Т. Когабаев.

Созданный в консорциуме с НГУ «Математический центр в Академгородке» способствует проведению совместных научных исследований с ведущими и активно работающими молодыми учеными, проведению Международных математических конференций, молодежных научных школ, специализированных воркшопов, лекций ведущих в мире специалистов по актуальным проблемам математики. Важнейшей задачей является обеспечение возможностей наших молодых ученых участвовать в международных

конференциях с докладами по полученным результатам, что является необходимым условием для продвижения результатов, полученных российскими учеными, в мировом математическом сообществе. Молодые ученые активно участвуют в руководстве некоторых направлений исследований. В 2021 году финансирование из федерального бюджета составило 80 000 000 рублей. В конце года были проведены конкурсы для новых и продолжающихся проектов.

В 2021 году создана лаборатория прикладных обратных и некорректных задач. Лабораторию возглавил член-корреспондент РАН С.И. Кабанихин – один из ведущих в мире специалистов по теории и численным методам решения обратных задач. С.И. Кабанихин является главным редактором международного журнала *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems* (Web of Science Q1) издательства De Gruyter и Сибирского журнала вычислительной математики. В состав лаборатории вошли ведущие молодые ученые. На сегодняшний день сотрудники лаборатории руководят проектами (гранты Президента РФ, РНФ, РФФИ) на сумму более 40 млн рублей. Планируется, что сотрудники этой лаборатории расширят тематику Института, включая моделирование распространения Ковид-19 с учетом социально-экономических и экологических процессов с последующей подачей заявки на проект по Европейской программе Horizon-2020.

В отдельно стоящем модуле Института создаются комнаты для приглашенных ученых Математического центра в Академгородке по исследованию новых научных направлений, а также аудитории, где будут организованы курсы повышения квалификации школьных учителей, курсы лекций по популяризации математики и привлечению школьников.

ИМ СО РАН имеет лицензию на осуществление образовательной деятельности № 2787 выдана 12.04.2012. Свидетельство о государственной аккредитации образовательной деятельности № 3164 получено 26.06.2019. На конец года в аспирантуре ИМ СО РАН обучались 33 аспирантов.

На базе ИМ СО РАН действуют 5 диссертационных советов по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук:

- Д003.015.01 по специальностям 01.01.05 «Теория вероятностей и математическая статистика» и 01.01.09 «Дискретная математика и математическая кибернетика»;
- Д003.015.02 по специальности 01.01.06 «Математическая логика, алгебра и теория чисел»;
- Д003.015.03 по специальностям 01.01.01 «Вещественный, комплексный и функциональный анализ» и 01.01.04 «Геометрия и топология»;

- Д003.015.04 по специальностям 01.01.02 «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление», 01.01.07 «Вычислительная математика» и 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»;
- Объединенный диссертационный совет Д999.082.03 по специальностям 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин и компьютерных сетей» и 05.13.17 «Теоретические основы информатики».

#### **РАЗДЕЛ 5. Результаты выполнения мероприятий по развитию научно-исследовательской инфраструктуры организации**

В течение 2021 года для выполнения работ по хоздоговорам и грантам действовали более десяти Временных трудовых коллективов.

Созданный в консорциуме с НГУ Математический центр позволит и в дальнейшем развивать сотрудничество с НГУ.

ИМ СО РАН является базовым для 18 кафедр:

- 1) ММФ НГУ, Кафедра алгебры и математической логики, заведующий кафедрой – Васильев Андрей Викторович.
- 2) ММФ НГУ, Кафедра геометрии и топологии, заведующий кафедрой – Тайманов Искандер Асанович.
- 3) ММФ НГУ, Кафедра дискретной математики и информатики, заведующий кафедрой – Гончаров Сергей Савостьянович.
- 4) ММФ НГУ, Кафедра дифференциальных уравнений, заведующий кафедрой – Демиденко Геннадий Владимирович.
- 5) ММФ НГУ, Кафедра математического анализа, заведующий кафедрой – Водопьянов Сергей Константинович.
- 6) ММФ НГУ, Кафедра математической экономики, заведующий кафедрой – Васильев Валерий Александрович.
- 7) ММФ НГУ, Кафедра прикладной математики, заведующий кафедрой – Белоносов Владимир Сергеевич.
- 8) ММФ НГУ, Кафедра теоретической кибернетики, заведующий кафедрой – Ерзин Адиль Ильясович.
- 9) ММФ НГУ, Кафедра теории вероятностей и математической статистики, заведующий кафедрой – Лотов Владимир Иванович.
- 10) ММФ НГУ, Кафедра теории функций, заведующий кафедрой – Медных Александр Дмитриевич.
- 11) ММФ НГУ, Кафедра высшей математики – Нешадим Михаил Владимирович.
- 12) ММФ НГУ, Кафедра математических методов геофизики – Кабанихин Сергей Игоревич.
- 13) ММФ НГУ, Кафедра прикладной математики – Терсенов Арис Саввич.
- 14) ФИТ НГУ, Кафедра систем информатики – Лаврентьев Михаил Михайлович
- 15) ФИТ НГУ, Кафедра общей информатики, заведующий кафедрой – Пальчунов Дмитрий Евгеньевич.
- 16) ФИТ НГУ, Кафедра дискретного анализа и исследования операций, заведующий кафедрой – Береснев Владимир Леонидович.

17) ФИТ НГУ, Кафедра математики, заведующий кафедрой – Кожанов Александр Иванович.

18) Институт математики и информационных технологий (Математический факультет) ОмГУ, Кафедра прикладной и вычислительной математики, заведующий кафедрой – Леванова Татьяна Валентиновна.

В СУНЦ НГУ две кафедры возглавляются сотрудниками ИМ СО РАН:

1) СУНЦ НГУ, Кафедра математических наук, заведующий кафедрой – Миронов Андрей Евгеньевич.

2) СУНЦ НГУ, Кафедра дискретной математики и информатики, заведующий кафедрой – Гончаров Сергей Савостьянович.

По Распоряжению Минобрнауки РФ №372-р от 01.10.2020 г. оборудование ОФИМ СО РАН (2 суперкомпьютера и др.) на сумму 96 797,99 руб. закреплено за ФГБОУ ОмГУ им. Ф.М. Достоевского. Оно уступает более современным вычислительным системам. Однако, компьютеры могут успешно использоваться в учебном процессе. Для выполнения научных исследований ОФ ИМ СО РАН был закуплен современный 64-ядерный вычислительный сервер.

#### **РАЗДЕЛ 6. Результаты выполнения мероприятий по развитию системы научной коммуникации и популяризации результатов исследований**

В 2021 году было организовано три новых семинара: «Математический коллоквиум», «Обратные задачи и искусственный интеллект», «Прикладные задачи статистики».

В ИМ СО РАН работает еженедельный общеинститутский семинар, на котором докладываются результаты сотрудников Института по всем направлениям исследований. В конце года формируется список Важнейших результатов ИМ СО РАН, авторы которых поощряются премиями. Дополнительно, по итогам года, премируются сотрудники, читающие научно-популярные лекции.

Издательством ИМ СО РАН выпускаются 6 журналов:

- «Сибирский математический журнал», переводная версия «Siberian Mathematical Journal» индексируется в Web of Science (Core collection) – Q3 и Scopus – Q1;
- «Математические труды», переводная версия «Siberian Advances in Mathematics» индексируется в Web of Science (RSCI) и Scopus – Q3;
- «Дискретный анализ и исследование операций», переводная версия «Journal of Applied and Industrial Mathematics» индексируется в Web of Science (RSCI) и Scopus – Q3;
- «Сибирский журнал индустриальной математики», переводная версия «Journal of Applied and Industrial Mathematics» индексируется в Web of Science (RSCI) и Scopus – Q3;

- «Сибирские электронные математические известия», индексируются в Web of Science (Core collection) – без Q и Scopus – Q3;
- «Алгебра и логика», переводная версия «Algebra and Logic» индексируется в Web of Science (Core collection) – Q2 и Scopus – Q1.

ИМ СО РАН был организатором и со-организатором 17 мероприятий (конференции, школы и воркшопы) (14 из них международные или с международным участием), из них 5 с числом участников – более 150:

- V Международная научно-техническая конференция «Mechanical Science and Technology Update» (Проблемы машиноведения) / IV International scientific conference «Mechanical Science and Technology Update» (MSTU-2020) (16.03 – 17.03.2021, Омск, Омский Государственный Технический университет), число участников – 437.
- XIV Международная IEEE научно-техническая конференция «Динамика систем, механизмов и машин» / XV International scientific and technical conference «Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines» (9.11 – 11.11.2021, Омск, Омский Государственный Технический университет), число участников – 529.
- Международная конференция по теории колец, посвященная 100-летию со дня рождения А.И.Ширшова (1921-1981), 16-21 августа 2021 г., Новосибирск, Россия (Zoom), число участников – 70.
- Конференция «Дни геометрии в Новосибирске — 2021», посвященная 60-летию кафедры геометрии и топологии ММФ НГУ, 21-25 сентября 2021 г., Новосибирск, Россия, число участников, число участников – 30.
- VIII Международная конференция «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ-21), 8-12 ноября 2021 г., Новосибирск, Россия (смешанный формат), число участников – 20.
- Евразийская конференция по прикладной математике, 16 - 21 декабря 2021 г. Новосибирск, Россия (смешанный формат), число участников – 254.
- The International conference-school on algebraic geometry "Siberian summer conference-school: Current developments in Geometry", 29 августа — 4 сентября 2021 г., Новосибирск, Россия, число участников – 55.
- Конференция «Dynamics in Siberia», 1-6 марта 2021 г., Новосибирск, Россия, число участников – 67.
- Международный семинар «Third Workshop on Digitalization and Computable Models (WDCM-2021)», 28.06.2021-02.07.2020, Казань, Новосибирск, Россия (онлайн), число участников - 20.

- Международная Школа-конференция С. Б. Стечкина по теории функций, Алтай, с.Узнезя, 9–19 августа 2021, число участников – 58
- Летняя школа “Graphs and Groups, Geometries and GAP”, сателлитное мероприятие 8-го Европейского математического конгресса, 27 июня - 3 июля 2021, г. Рогла, Словения, число участников -55
- International conference on Geometry in the Large dedicated to the 90th birthday of Victor Toponogov, Санкт-Петербург, Россия, 16—20 августа, 2021, число участников – 50
- 20-я Международная конференция "Сибирская научная школа-семинар "Компьютерная безопасность и криптография" имени Геннадия Петровича Агибалова", 6-11 сентября 2021, число участников – 50
- 14th Erlagol conference «Problems allied to Universal Algebra and Model Theory», 23-28 июня 2021 г., число участников – 100
- XIII международная молодежная научная школа-конференция «Теория и численные методы решения обратных и некорректных задач» Новосибирск, Академгородок, 12-22 апреля 2021 года, число участников – 300.
- Семинар «Боровковские чтения» Новосибирск, Академгородок, 23-24 августа 2021.
- Конференция «Женщины в математике», 12 мая 2021 г., Новосибирск, Россия, число участников – 20.

#### **РАЗДЕЛ 7. Результаты выполнения мероприятий по совершенствованию системы управления организации**

Для выполнения работ по хоз. договорам и грантам фондов в 2021 году действовали 15 временных трудовых коллективов.

В конце 2021 года проведено заседание международного наблюдательного совета Математического центра в Академгородке (МЦА), на котором были представлены результаты работы исследовательских групп МЦА в 2021 году. По результатам оценки работы групп принято решение о продолжении финансирования 9 исследовательских групп Математического центра в Академгородке в 2022 году. По условиям контрактов все исследователи МЦА были уволены в конце 2021 года. Исследователи поддержанных проектов будут приняты на работу в 2022 году.

## **РАЗДЕЛ 8. Сведения об участии научной организации в выполнении мероприятий и вкладе в достижение результатов и значений целевых показателей национального проекта «Наука» и входящих в его состав федеральных проектов <sup>1</sup>**

Институтом было запланировано улучшать показания в следующих целевых показателях национального проекта «Наука»:

1. Увеличивать удельный вес публикаций в международных базах данных.

На конец 2021 года количество публикаций сотрудников, опубликованных в 2021 году и проиндексированных в базах Web of Science (335 статей) и Scopus (500 статей). Не выполнен показатель по числу публикаций проиндексированных в Web of Science. Основная причина состоит в том, что на конец года в базе проиндексированы не все публикации сотрудников института, сведения о публикациях в некоторых журналах появляются в базе данных с запозданием. Так, например, не проиндексирована часть статей, вышедших в конце года в Сибирских электронных математических известиях. В базе не отражены публикации Bazaikin, Y., & Galaev, A. (2021). LOSIK CLASSES FOR CODIMENSION-ONE FOLIATIONS. Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu, 1-29. doi:10.1017/S1474748020000596 (Q1 WoS), Guo W., Revin D.O., Vdovin E.P. (2021) The reduction theorem for relatively maximal subgroups. Bulletin of Mathematical Sciences. DOI 10.1142/S1664360721500016 (Q1 WoS) и многие другие. Также стоит учитывать особенности работы в условиях пандемии, вызывающие задержки в реализации планов. Часть публикаций, планировавшихся в 2021 выйдет только в 2022.

2. Увеличить численность исследователей.

Общее количество исследователей выросло по сравнению с прошлым годом. На ноябрь 2021 их численность составляла 309 человек. Но, на конец года показатель по числу исследователей составил 262 человек. Такая разница объясняется тем, что принятые в Международный математический центр, были уволены в конце года. По правилам МЦА контракты с сотрудниками были заключены до ноября 2021 года. Научные сотрудники по проектам-победителям конкурсов будут приняты на работу в 2022 году.

3. Увеличить количество российских и зарубежных исследователей, работающих в российских организациях, и имеющих статьи в первом или втором квартиле по базам Web of Science или Scopus.

По данным на конец 2021 года исследователями из ИМ СО РАН опубликовано 105 статей в журналах из Q1-Q2 WoS, еще 133 статьи опубликовано в журналах из Q1-Q2 Scopus (всего 238 статей в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в

---

<sup>1</sup> Заполняется с обязательным представлением информации об объемах средств федерального бюджета, предоставленных организации в рамках реализации мероприятий национального проекта «Наука» (грант, соглашение о предоставлении субсидии и др.), освоении/не освоении (с указанием причин) указанных средств.



международных базах данных). В 2020 году этот показатель составил 233 статьи. Количество сотрудников ИМ СО РАН, авторов публикаций в Q1-Q2 WoS, – 77, еще 94 опубликовали статьи в журналах из Q1-Q2 Scopus (всего 171 сотрудник ИМ СО РАН, имеющий статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных).

4. Увеличить долю исследователей в возрасте до 39 лет.

По данным на ноябрь 2021 численность исследователей в возрасте до 39 лет (включительно) составляла 118 человек, численность по плану – 96. Но, на конец года показатель по числу исследователей в возрасте до 39 лет не выполнен так как, научные сотрудники, принятые в Международный математический центр, были уволены в конце года. По правилам МЦА контракты с сотрудниками были заключены до ноября 2021 года. Научные сотрудники по проектам-победителям конкурсов будут приняты на работу в 2022 году.

Под руководством молодых научных сотрудников в возрасте до 39 лет в 2021 году выполнялись работы по 3 проектам Математического центра в Академгородке:

- Цифровизация математических моделей и интеллектуальные системы обработки данных (рук. – Баженов Н.А.). Сумма в 2021 году – 9 000 000 руб.;

- Теория оптимального управления (рук. – Карманова М.Б.). Сумма в 2021 году – 8 500 000 руб.;

- Криптография и информационная безопасность (рук. – Токарева Н.Н.). Сумма в 2021 году – 5 000 000 руб.;

7 проектам РФФИ:

- 20-31-70043 «Стабильность 2019», Методы построения и свойства нелинейных булевых функций: APN-функции и бент-функции (рук. - Городилова А.А.). Сумма на весь период работ – 4 000 000 руб. (получена в 2019 году);

- 20-31-70006 «Стабильность 2019», Универсальные классы вычислимых алгебраических структур (рук. - Баженов Н.А.). Сумма на весь период работ – 4 000 000 руб. (получена в 2019 году);

- 19-31-60009 «Перспектива 2019», Интерполяционные методы для функций с большими градиентами и их применение в двухсеточных алгоритмах (рук. – Задорин Н.А.). Сумма на 2021 год – 2 000 000 руб.;

- 19-47-540005 «р\_а 2019», Эффективные методы оптимизации маршрутизации грузового транспорта (рук. - Кононова П.А.). Сумма в 2020 году – 375 000 руб.;

- 19-31-90093 «Аспиранты 2019», Метрические свойства отображений и кодов, представляющих интерес для криптографических систем и кодирования информации (рук. - Токарева Н.Н.). Сумма в 2021 году – 400 000 руб.;

- 19-31-90031 «Аспиранты 2019», Алгоритмы с гарантированными оценками качества для квадратичной евклидовой задачи мощностно-взвешенной кластеризации (рук. - Хандеев В.И.). Сумма в 2021 году – 400 000 руб.;

- 19-01-00308 «А 2019» Задачи дискретной оптимизации в анализе данных и распознавании образов (рук. - Хандеев В.И.). Сумма в 2021 году – 1 000 000 руб.;

1 проекту по грантам Президента РФ:

- МК-1241.2021.1.1 «Операторы Роты-Бакстера и алгебры Пуассона» (рук. – Губарев В. Ю.). Сумма в 2021 году – 600 000 руб.

5. Развивать научную кооперацию.

В 2019 году в консорциуме с НГУ создан «Математический центр в Академгородке», финансирование в 2021 году составило 80 000 000 рублей; подписаны договор о сотрудничестве с Курганским государственным университетом (г. Курган), соглашение о создании научно-образовательного консорциума (Новосибирский государственный медицинский университет, ИМ СО РАН и Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН), соглашение о сотрудничестве с АО «Технопарк Новосибирского Академгородка», договор о сотрудничестве (НГУ, ИМ СО РАН и ИДСТУ СО РАН), договор о сотрудничестве с ООО «БЭКАП ИТ», соглашение о сотрудничестве с Казахстано-Британским техническим университетом (Алматы, Казахстан).

Под руководством сотрудников ИМ СО РАН велись работы в рамках международных грантов:

Под руководством сотрудников ИМ СО РАН велись работы в рамках международных грантов:

- Российско-Белорусский грант РФФИ 20-51-00007\_Бел\_а «Актуальные вопросы теории конечных и периодических групп», руководитель - Мазуров В.Д.

- Российско-Германский грант РФФИ 20-51-12007\_ННИО\_а «Стохастические процессы и изменяющиеся границы», руководитель - Саханенко А. И.

- Российско-Германский проект РФФИ 19-51-12008-ННИО\_а, «Рефракционная динамическая томография тензорных полей: к целостному подходу», руководитель Деревцов Е.Ю.

- Российско-Французский грант РФФИ 20-51-15004, «Интегрируемые системы и обратные задачи», руководитель – А.Е. Миронов.

- Российско-Индийский проект РНФ 19-41-02005 «Теория глобальных узлов: инварианты и классификация».

В качестве исполнителей научные сотрудники участвуют в проектах с партнерами из США, Польши, Японии и Казахстана.

6. Развивать кадровый потенциал в сфере исследований или разработок.

Развитию кадрового потенциала, несомненно, способствует создание и государственная поддержка Международного математического центра и участие сотрудников в совместных с зарубежными партнерами проектах.

По Распоряжению Минобрнауки РФ №372-р от 01.10.2020 г. оборудование ОФИМ СО РАН (2 суперкомпьютера и др.) на сумму 96 797,99 руб. закреплено за ФГБОУ ОмГУ им. Ф.М. Достоевского. Оно уступает более современным вычислительным системам. Однако, компьютеры могут успешно использоваться в учебном процессе. Для выполнения научных исследований ОФИМ СО РАН был закуплен современный 64-ядерный вычислительный сервер.

Дополнительные показатели развития приборной базы Омского филиала:

1. Уровень загрузки научного оборудования, план – 75%, выполнено – 84,29%.

$$\text{Уровень загрузки научного оборудования} = \frac{\text{Фактическое время работы научного оборудования за год, часов}}{\text{Максимально возможное время работы научного оборудования за год, часов}} * 100\%$$

$$= (8760+8760+32+48) \times 100 / (8760+8760+1440+1920) \% = 84,29 \%$$

2. Доля внешних пользователей, план – 20%, выполнено – 22,86%.

$$(8/35) * 100\% = 22,86 \%$$

3. Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых, план – 20%, выполнено – 9%.

$$4\,500\,000 * 100 / 49949524,24$$

Поданы новые заявки на гранты, которые пока не были поддержаны.

План не выполнен в связи с завершением нескольких проектов, выполняемых под руководством молодых ученых. Поданы новые заявки на гранты, которые пока не были поддержаны. В целом по ИМ СО РАН данный показатель составил 11%.

4. Процент привлечения внебюджетных средств, план – 18%, выполнено – 23,4%.

$$11705412,24 / 49949524,24 * 100 = 23,4\%$$

X/Д-1824650 руб., гранты-1205418,24: 2000000 руб. - рук. Задорин, 6.000.000 руб.- рук. Ремесленников, 2500000 руб.-рук. Шевляков. 49949524,24 руб.: 38244112 руб.– субсидия на госзадание + 11705412,24 руб. — внебюджет.

5. Процент обновления приборной базы, план – 0%, выполнено – 0,6%.

Балансовая стоим. оборудования на 01.01.2022г. - 17686100 руб.; покупка оборудования -108300 руб.

6. Количество статей в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus по результатам, полученным с использованием обновляемого оборудования, план – 4, выполнено – 4:

- 1) Borisovsky P., Battaia O. MIP-Based Heuristics for a Robust Transfer Lines Balancing Problem // Optimization and Applications (OPTIMA 2021) / International conference, September 27- October 1, 2021/Edited by Olenov N.N., Evtushenko Y.G., Jacimovic M., Khachay M., Malkova V. Lecture Notes in Computer Science, Springer, vol. 13078. p. 123 – 135.  
IF: WoS-0.402; Scopus-0.25; РИНЦ. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-91059-4\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-91059-4_9)
- 2) Borisovsky P., Eremeev A., Kovalenko Yu., Zaozerskaya L. Rig Routing with Possible Returns and Stochastic Drilling Times //Mathematical Optimization Theory and Operations Research (MOTOR 2021)/ International conference, July 5–10, 2021 / Edited by Pardalos P., Khachay M., Kazakov A. Lecture Notes in Computer Science, Springer, vol. 12755, p. 51 – 66.  
IF: WoS-0.402; Scopus-0.25; РИНЦ. DOI: 10.1007/978-3-030-77876-7\_4
- 3) Zadorin N.A. Optimization of nodes of composite quadrature formulas in the presence of a boundary layer // Siberian electronic mathematical reports, 2021, v. 18, No 2, p. 1201–1209. IF: WoS (Q); Scopus-0,468 (Q2), РИНЦ-0,495. DOI: 10.33048/semi.2021.18.091, <http://semr.math.nsc.ru/v18/n2/p1201-1209.pdf>
- 4) Перцев Н. В. , Логинов К. К. Нахождение параметров экспоненциальных оценок решений задачи Коши для некоторых систем линейных дифференциальных уравнений с запаздыванием // Сибирские электронные математические известия, 2021, Т.18, No 2, с.1307 – 1318. IF: Scopus-0,468.DOI: 10.33048/semi.2021.18.100

#### **РАЗДЕЛ 9. Сведения о выполнении плановых объемов финансового обеспечения Программы развития**

Указаны только те разделы, мероприятия и показатели, по которым было запланировано осуществление расходов в 2021 году.

№ п/п	Показатель	План, тыс. руб.	Факт, тыс. руб.	Отклонение, тыс. руб	Обоснование
1.	Общий объем финансового обеспечения Программы развития	403889	549435,5	Нет	
	Из них:				
1.1.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения	300269	324574,6	Нет	

	государственного задания из федерального бюджета				
1.2.	субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного задания из бюджета Федерального фонда обязательного медицинского страхования	0	0	Нет	
1.3.	субсидии, предоставляемые в соответствии с абзацем вторым пункта 1 статьи 78.1 Бюджетного кодекса Российской Федерации	12320	5946,7	Нет	
1.4.	субсидии на осуществление капитальных вложений	0	0	Нет	
1.5.	средства обязательного медицинского страхования	0	0	Нет	
1.6.	поступления от оказания услуг (выполнения работ) на платной основе и от иной приносящей доход деятельности	90754,8	159260	Нет	
1.6.1.	В том числе, гранты	62500	47020,4	Нет	

## **РАЗДЕЛ 10. Оценка рисков и проблем, связанных с реализацией Программы развития**

### **10.1 Оценка рисков и выявление источников их появления**

На конец 2021 года количество публикаций сотрудников, опубликованных в 2021 году и проиндексированных в базах Web of Science (335 статей) и Scopus (500 статей). В 2021 не выполнен показатель по числу публикаций проиндексированных в Web of Science. Основная причина состоит в том, что на конец года в базе проиндексированы не все публикации сотрудников института, сведения о публикациях в некоторых журналах появляются в базе данных с запозданием. Так, например, не проиндексирована часть статей, вышедших в конце года в Сибирских электронных математических известиях. В базе не отражены публикации Bazaikin, Y., & Galaev, A. (2021). LOSIK CLASSES FOR CODIMENSION-ONE FOLIATIONS. Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu, 1-29. doi:10.1017/S1474748020000596 (Q1 WoS), Guo W., Revin D.O., Vdovin E.P. (2021) The reduction theorem for relatively maximal subgroups. Bulletin of Mathematical Sciences. DOI 10.1142/S1664360721500016 (Q1 WoS) и многие другие. В отчетах института публикации отражены в полном объеме. Реальное число работ в базе Web of Science будет отражено в апреле 2022 года. Также стоит учитывать

особенности работы в условиях пандемии, вызывающие задержки в реализации планов. Часть публикаций, планировавшихся в 2021, выйдет только в 2022.

По Распоряжению Минобрнауки РФ №372-р от 01.10.2020 г. оборудование ОФИМ СО РАН (2 суперкомпьютера и др.) на сумму 96 797,99 руб. закреплено за ФГБОУ ОмГУ им. Ф.М. Достоевского. Оно уступает более современным вычислительным системам. Однако, компьютеры могут успешно использоваться в учебном процессе. Для выполнения научных исследований ОФ ИМ СО РАН был закуплен современный 64-ядерный вычислительный сервер. В связи с этим возникло существенное отклонение по соответствующему показателю, которое будет и в последующие годы.

В 2021 году не выполнен показатель «Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых» в Омском филиале ИМ СО РАН. План не выполнен в связи с завершением нескольких проектов, выполняемых под руководством молодых ученых. Поданы новые заявки на гранты. На 2021 год не объявлялись конкурсы проектов РФФИ для молодежи.

Поступления от оказания услуг (выполнения работ) на платной основе и от иной приносящей доход деятельности почти в два раза превысили плановые значения, но доля грантов в этих поступлениях немного ниже запланированной. Причина уменьшения в том, что в 2021 году не объявлялись конкурсы проектов РФФИ.

### 10.2 Оценка проблем и выявления причин их возникновения

Основная проблема – невозможность влиять на размер выделенных бюджетных средств. Участие в конкурсах на гранты не гарантирует их получение. На 2021 год не объявлялись новые конкурсы проектов РФФИ.

Для увеличения вероятности получения грантового финансирования необходимо создать мотивационные условия для сотрудников Института публиковать статьи в высокорейтинговых научных изданиях первого квартала.

### РАЗДЕЛ 11. Оценка эффективности реализации программы развития

№ п/п	Целевые показатели реализации Программы развития	Профиль организации	Единица измерения	План	Факт	Отклонение	Обоснование
<b>Основные целевые показатели</b>							
Научно-исследовательская деятельность							
1.	Количество статей в изданиях, индексируемых в международных базах данных	I	ед.	488	500	Нет	

1.1.	В том числе количество статей в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития	I	ед.	488	500	Нет	
1.1.1.	Из них: число статей, в изданиях, индексируемых в базе данных Web of Science Core Collection (WoS)	I	ед.	396	335	Нет	В базе данных проиндексированы не все публикации сотрудников института, сведения о публикациях в некоторых журналах появляются в базе данных с запозданием. Также стоит учитывать сложные обстоятельства, в которые нас ставит период пандемии, вызывая задержки в реализации планов. Часть публикаций, планировавшихся в 2021 выйдут только в 2022.
1.1.2.	Число статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus	I	ед.	488	500	Нет	
2.	Число заявок на получение патента на изобретение, включая международные заявки	I	ед.	0	1	Нет	
2.1.	В том числе заявок на получение патента на изобретение по областям, определяемых приоритетами научно-технологического развития	I	ед.	0	1	Нет	

2.1.1.	Из них: международные заявки на получение патента на изобретение	I	ед.	0	0	Нет	
3.	Количество заключенных лицензионных договоров о предоставлении права использования изобретений, охраняемых патентом	I	ед.	0	0	Нет	
4.	Количество полученных охранных документов на РИД	I	ед.	4	6	Нет	В 2021 году получены 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент
5.	Количество разработанных и переданных для внедрения и производства технологий	I	ед.	0	0	Нет	
6.	Число внесенных в Государственный реестр селекционных достижений	I	ед.	0	0	Нет	
7	Объем внебюджетных средств	I	тыс. руб	90754,8	159260	Нет	
Кадровый потенциал организации							
1.	Численность исследователей	I	чел.	261	262	Нет	
1.1.	Численность исследователей в возрасте до 39 лет (включительно)	I	чел.	96	70 (118 на 01.11.21 с ММЦ)	Нет	
2.	Численность аспирантов	I	чел.	31	33+9	Нет	
2.1.	Из них: численность аспирантов, защитившихся в срок	I	чел.	3	3	Нет	



3.	Численность российских и зарубежных ученых, работающих в организации и имеющих статьи в научных изданиях первого и второго кварталей, индексируемых в международных базах данных	I	чел.	111	171	Нет	
Приборная база организации (Омского филиала)							
1.	Общая балансовая стоимость научного оборудования	I	тыс. руб	149437	17686,1	-131750.2	<p>По Распоряжению Минобрнауки РФ №372-р от 01.10.2020 г. оборудование ОФИМ СО РАН (2 суперкомпьютера и др.) на сумму 96 797.99 руб. закреплено за ФГБОУ ОмГУ им. Ф.М. Достоевского. Оно уступает более современным вычислительным системам. Однако, компьютеры могут успешно использоваться в учебном процессе. Для выполнения научных исследований ОФ ИМ был закуплен современный 64-ядерный вычислительный сервер. Как уже отмечалось в отчете за 2019 год, при планировании учитывалось всё оборудование, так как</p>

							отсутствовали методические рекомендации, что относить к данному оборудованию.
1.1.	В том числе балансовая стоимость измерительных и регулирующих приборов и устройств, лабораторного оборудования	I	тыс. руб	-	-	Нет	
2.	Балансовая стоимость научного оборудования в возрасте до 5 лет	I	тыс. руб	103640	8435,3	-95204,7	Часть оборудования было передано ФГБОУ ОмГУ им. Ф.М. Достоевского.
3.	Доля отечественного научного оборудования	I	тыс. руб	-	-	Нет	
4.	Общая балансовая стоимость выбывших единиц научного оборудования	I	тыс. руб		96797,99	Нет	Оборудование, переданное ФГБОУ ОмГУ им. Ф.М. Достоевского.
4.1.	Из них: балансовая стоимость выбывших измерительных и регулирующих приборов и устройств, лабораторного оборудования	I	тыс. руб	-	-	Нет	
5.	Балансовая стоимость уникальной научной установки (при наличии)	I	тыс. руб	-	-	Нет	
6.	Объем расходов на эксплуатацию обновляемого научного оборудования	I	тыс. руб	500	0	-500	Планировалось получить средства на эти цели из бюджета, но они не были выделены. С учетом того, что большая часть оборудования была передана в ОмГУ, для эксплуатации

							оборудования в следующие годы потребуется меньшая сумма.
7.	Отношение фактического времени работы центра коллективного пользования в интересах третьих лиц к фактическому времени работы центра коллективного пользования	I	%	-	-	Нет	
8.	Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых в возрасте до 39 лет (включительно)	I	%	-	-	Нет	
Развитие системы научной коммуникации и популяризации результатов исследований							
1.	Количество научных конференций (более 150 участников), в которых организация выступила организатором	I	ед.	2	4	Нет	
1.1.	В том числе международных	I	ед.	2	4	Нет	
2.	Количество базовых кафедр в организациях высшего образования и научных организациях	I	ед.	13	18	Нет	
3.	Количество научных журналов, выпускаемых организацией	I	ед.	6	6	Нет	
3.1.1.	из них: индексируемых RSCI (Russian Science Citation Index)	I	ед.	6	6	Нет	

3.1.2.	индексируемых базами данных Web of Science и Scopus	I	ед.	6	6	Нет	
<b>Дополнительные показатели развития приборной базы Омского филиала</b>							
1.	Уровень загрузки научного оборудования.	I	%	75	84,29	Нет	
2.	Доля внешних пользователей.	I	%	22	22,86	Нет	
3.	Доля исследований, проводимых под руководством молодых ученых.	I	%	20	9	-11	План не выполнен в связи с завершением нескольких проектов, выполняемых под руководством молодых ученых. Поданы новые заявки на гранты. В целом по ИМ СО РАН данный показатель составил 11%.
4.	Процент привлечения внебюджетных средств.	I	%	18	23,4	Нет	
5.	Процент обновления приборной базы.	I	%	0	0,6	Нет	
6.	Количество статей в журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus	I	шт.	4	4	Нет	

Отчет о реализации Программы развития ИМ СО РАН в 2021 году был рассмотрен на заседании Ученого совета ИМ СО РАН 29 декабря 2021 года. Ученый совет рекомендовал продолжить реализацию Программы развития на 2019-2023гг.

Отчет достаточно полно отражает все направления развития организации. В целом мероприятия по реализации Программы развития ИМ СО РАН в 2021 году выполнены успешно. Все запланированные по НИР работы успешно реализованы. Можно с уверенностью утверждать, что полученные результаты соответствуют мировому уровню, а по некоторым научным направлениям его превышают. Количество полученных охранных документов на РИД на 50% превышает план.

В 2021 не выполнен показатель по числу публикаций проиндексированных в Web of Science. Основная причина состоит в том, что на конец года в базе проиндексированы не все публикации сотрудников института, сведения о публикациях в некоторых журналах появляются в базе данных с запозданием. Так, например, не проиндексирована часть статей, вышедших в конце года в Сибирских электронных математических известиях. В базе не отражены публикации Bazaikin, Y., & Galaev, A. (2021). LOSIK CLASSES FOR CODIMENSION-ONE FOLIATIONS. Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu, 1-29. doi:10.1017/S1474748020000596 (Q1 WoS), Guo W., Revin D.O., Vdovin E.P. (2021) The reduction theorem for relatively maximal subgroups. Bulletin of Mathematical Sciences. DOI 10.1142/S1664360721500016 (Q1 WoS) и многие другие. В отчетах института публикации отражены в полном объеме. Реальное число работ в базе Web of Science будет отражено в апреле 2022 года. Также стоит учитывать особенности работы в условиях пандемии, вызывающие задержки в реализации планов. Часть публикаций, планировавшихся в 2021, выйдет только в 2022.

Существенно превышен показатель «Численность российских и зарубежных ученых, работающих в организации и имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных».

На конец года не выполнен показатель “численность исследователей в возрасте до 39 лет (включительно)”. Основная причина состоит в том, что научные сотрудники, принятые в Международный математический центр, были уволены в конце года. По правилам МЦА контракты были рассчитаны до ноября 2021. Научные сотрудники по проектам-победителям конкурсов будут приняты на работу в 2022 году. На ноябрь 2021 года численность исследователей в возрасте до 39 лет(включительно) составляла 118 человек, что значительно превышает план (96). В настоящий момент создается новая лаборатория прикладных обратных и некорректных задач. В эту лабораторию планируется трудоустроить более 10 молодых ученых и аспирантов. За счет успешной работы и перспективных тематик специализацию в ней будут проходить более 30 бакалавров, магистрантов и аспирантов.

По Распоряжению Минобрнауки РФ №372-р от 01.10.2020 г. оборудование ОФИМ СО РАН (2 суперкомпьютера и др.) на сумму 96 797,99 руб. закреплено за ФГБОУ ОмГУ им. Ф.М. Достоевского. Оно уступает более современным вычислительным системам. Однако, компьютеры могут успешно использоваться в учебном процессе. Для выполнения научных исследований ОФ ИМ СО РАН был закуплен современный 64-ядерный вычислительный сервер. В связи с этим возникло существенное отклонение по соответствующему показателю, которое будет и в последующие годы. С учетом этого и расходы на эксплуатацию будут значительно ниже. Рекомендуется поставить в плане на 2022-2023гг. сумму 100 000 руб. в год.

## **РАЗДЕЛ 12. Выводы и предлагаемые решения в отношении мероприятий Программы развития**

В целом мероприятия по реализации Программы развития ИМ СО РАН в 2020 году выполнены успешно.

- 1) В 2019 году консорциуме с НГУ создан «Математический центр в академгородке». В 2021 году получено финансирование – 80 000 000 рублей.
- 2) В 2021 году в ИМ СО РАН продолжила работу новая лаборатория (создана в 2019 году), за которой закреплена отдельная тема государственного задания. В состав лаборатории входят 11 молодых научных сотрудников, руководитель – д.ф.-м.н. Н. Т. Когабаев.
- 3) Все запланированные по НИР работы успешно реализованы. Можно с уверенностью утверждать, что полученные результаты соответствуют мировому уровню, а по некоторым позициям определяют этот уровень. В процессе работ по проектам НИР получены результаты, обеспечивающие их авторам лидирующее положение в соответствующих областях. В 2021 году в рамках государственного задания ИМ СО РАН выполнялись работы по 22 проектам. По всем проектам планы НИР выполнены. На базе ИМ СО РАН выполнялись работы по 28 проектам РФФИ, по 6 проектам РНФ и по 1 проекту по грантам Президента РФ.
- 4) Существенно превышено значение показателя «Численность российских и зарубежных ученых, работающих в организации и имеющих статьи в научных изданиях первого и второго квартилей, индексируемых в международных базах данных»: 171 ученый, вместо запланированных 111.
- 5) В 2020 году подписаны договор о сотрудничестве с Курганским государственным университетом (г. Курган), соглашение о создании научно-образовательного консорциума (Новосибирский государственный медицинский университет, ИМ СО РАН и Институт молекулярной и клеточной биологии СО РАН), соглашение о сотрудничестве с АО «Технопарк Новосибирского Академгородка», договор о сотрудничестве (НГУ, ИМ СО РАН и ИДСТУ СО РАН), договор о сотрудничестве с ООО «БЭКАП ИТ», соглашение о сотрудничестве с Казахстано-Британским техническим университетом (Алматы, Казахстан), ряд соглашений с ООО «Техкомпанией Хуавэй» и ее филиалами.
- 6) Под руководством сотрудников ИМ СО РАН велись работы в рамках международных грантов: Российско-Германские проекты РФФИ 19-51-12008 и 20-51-12007, Российско-Белорусский проект РФФИ 20-51-00007, Российско-Французский грант РФФИ 20-51-15004, Российско-Индийский проект РНФ 19-41-02005. В качестве исполнителей научные сотрудники участвуют в проектах с партнерами из США, Польши, Японии и Казахстана.
- 7) ИМ СО РАН был организатором и со-организатором 17 конференций, школ, семинаров и воркшопов, 14 из них международные или с международным участием, 5 с числом участников – более 150.

- 8) В отдельно стоящем модуле Института создаются комнаты для приглашенных ученых Математического центра в Академгородке по исследованию новых научных направлений, а также аудитории, где будет проходить повышение квалификации школьных учителей и реализовываться программы по популяризации математики и привлечению школьников.
- 9) В 2021 не выполнен показатель по числу публикаций проиндексированных в Web of Science. Основная причина состоит в том, что на конец года в базе проиндексированы не все публикации сотрудников института, сведения о публикациях в некоторых журналах появляются в базе данных с запозданием. Так, например, не проиндексирована часть статей, вышедших в конце года в Сибирских электронных математических известиях. В базе не отражены публикации Bazaikin, Y., & Galaev, A. (2021). LOSIK CLASSES FOR CODIMENSION-ONE FOLIATIONS. *Journal of the Institute of Mathematics of Jussieu*, 1-29. doi:10.1017/S1474748020000596 (Q1 WoS), Guo W., Revin D.O., Vdovin E.P. (2021) The reduction theorem for relatively maximal subgroups. *Bulletin of Mathematical Sciences*. DOI 10.1142/S1664360721500016 (Q1 WoS) и многие другие. В отчетах института публикации отражены в полном объеме. Реальное число работ в базе Web of Science будет отражено в апреле 2022 года. Также стоит учитывать особенности работы в условиях пандемии, вызывающие задержки в реализации планов. Часть публикаций, планировавшихся в 2021, выйдет только в 2022.
- 10) Поступления от оказания услуг (выполнения работ) на платной основе и от иной приносящей доход деятельности почти в два раза превысили плановые значения, но доля грантов в этих поступлениях немного ниже запланированной. Причина уменьшения в том, что в 2021 году не объявлялись конкурсы проектов РФФИ.

И. о. директора ИМ СО РАН  
Член-корр. РАН  
31.01.2022

А. Е. Миронов