

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПЛАН РАЗВИТИЯ

Министерство образования и науки Республики Казахстан Комитет науки РГП «Институт математики и математического моделирования» на 2022-2026 годы

Раздел 1. Миссия и видение

Миссия РГП «Институт математики и математического моделирования» Комитета науки МОН РК (далее – ИМММ)

– развитие казахстанской математической науки на высоком международном уровне путем проведения фундаментальных научных исследований и разработке на их базе новых методов исследования и моделирования процессов естествознания.

Видение ИМММ:

- крупный научно-исследовательский институт мирового уровня, осуществляющий фундаментальные и прикладные исследования и объединяющий вокруг себя всех казахстанских математиков;
- ведущая научно-исследовательская организация в масштабе всей страны по проведению фундаментальных и фундаментально-прикладных исследований, специализирующаяся в области математики и математического моделирования.

Основная стратегическая цель ИМММ:

- вхождение Казахстана в тридчатку развитых стран мира в избранных областях математической науки и в топ 50 по всем направлениям математики.

Стратегия ИМММ:

- наращивание базы знаний и научных исследований мирового уровня, повышение эффективности научной и творческой деятельности, усиление кадрового и научно-технического обеспечения ИМММ для достижения стратегической цели.

Методами реализации миссии ИМММ являются:

- концентрация и координация научно-технического потенциала на приоритетных направлениях фундаментальных и прикладных исследований в области математики и математического моделирования;
- реализация полного научного цикла от исследования, через апробацию на научных семинарах и конференциях, до опубликования результатов НИР в рейтинговых международных журналах;
- развитие инфраструктуры института;
- эффективное управление институтом и его активами;
- международное научное сотрудничество;
- стратегическое партнерство с НИИ и ВУЗами;
- социальная поддержка молодых ученых и активно работающих сотрудников.

Раздел 2. Анализ текущей ситуации и управление рисками

Институт математики и математического моделирования организован Постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 июня 2012 года № 786 на базе Республиканского государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Институт математики, информатики и механики» Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан и дочернего государственного предприятия на праве хозяйственного ведения «Институт математики».

РГП ИМММ Комитета науки МОН РК с момента своего создания являлся головной организацией по реализации Программ фундаментальных исследований по государственному заказу Республики Казахстан в области математики, физики, информатики, механики и машиноведения, на 2009-2011 годы - Программы фундаментальных исследований «Актуальные проблемы физики, математики, механики и информатики», объединяющей 18 подпрограмм, состоящих из 100 тем.

В 2012 году и на начало 2013 года в ИМММ проводились исследования по 39 проектам грантового финансирования и 1 программе целевого финансирования, объединенных в 5 научных отделов.

С 2013 года в ИМММ проводились исследования по 48 грантовым проектам и 1 программе целевого финансирования. В 2014 году завершено 39 проектов.

В 2013 – 2015 годы ИМММ реализовал 1 международный проект МОН РК: «Операторные методы решения общих краевых задач для уравнений с частными производными и их приложения» (в рамках сотрудничества с Российской Федерацией и Республикой Беларусь).

В 2015 – 2017 годы сотрудники ИМММ реализовали 38 проектов по грантовому финансированию и 1 проект по программе целевого финансирования.

С 2018 - 2020 годы Институт реализовал 27 грантовых проектов.

В 2020 году ИМММ выиграл 25 грантовых проектов, в 2021 году – 21 грантовый проект, 1 программно-целевой проект. Всего в 2021 году ИМММ выполнял научные работы по 46 проектам грантового финансирования и 1 целевой программе.

В Институте функционирует 4 отдела:

- 1 Отдел дифференциальных уравнений.
- 2 Отдел теории функций и функционального анализа.
- 3 Отдел алгебры, математической логики и геометрии.
- 4 Отдел математической физики и моделирования.

Основными направлениями деятельности ИМММ являются:

- научно-организационная, научно-исследовательская, научно-техническая и производственная деятельности в области математики и прикладной математики, с учетом развития мировой науки и потребности государства для развития математической науки в стране;
- формирование программ фундаментальных и прикладных математических исследований, рецензирование научных направлений фундаментальных исследований с целью сохранения высокого уровня фундаментальных исследований;
- формулирование научных проблем в сфере математики и математического моделирования;
- развитие научных направлений и школ мирового уровня в ряде ключевых областей математики;
- подготовка научных кадров: магистров и докторов PhD по математике.

Принятые в 2014 году Стратегический план развития до 2018 года и Стратегический план 2019-2021 г.г. выполнили свою задачу по развитию ИМММ, как научно-исследовательского института, проводящего математические исследования на мировом

уровне, подтверждением чего является высокий уровень научных публикаций в высокорейтинговых международных научных изданиях. Так, в рейтинге казахстанских организаций, выполнявших проекты ГФ 2018-2020, ИМММ находится на 1 месте по количеству статей в журналах с импакт-фактором Web of Science, как по общему количеству опубликованных статей, так и по количеству статей в журналах их первого квартиля Q1 и из двух первых квартилей Q1-Q2. По количеству публикаций в журналах, индексируемых Web of Science за 2016-2020 по области исследований «Mathematics», ИМММ находится на уровне 6 места среди математических институтов России, обгоняя по этому показателю математические НИИ Украины, Азербайджана, Армении, Белоруссии, Грузии. По общему количеству публикаций в журналах, индексируемых Web of Science за 2016-2020, ИМММ находится на уровне 6 места среди всех казахстанских организаций, уступая лишь крупным университетам Nazarbayev University, КазНУ им. аль-Фараби, ЕНУ им. Л.Н. Гумилёва, КазНМУ им. С.Д. Асфендиярова и Институту ядерной физики Министерства Энергетики РК.

1. Приоритетное направление 1: Развитие математической науки на мировом уровне

Цель 1.1. Проведение научно-исследовательских работ по общим проблемам математики, в том числе фундаментальные, теоретические, прикладные, проектно-поисковые исследования с привлечением ведущих ученых Казахстана.

Задачи:

1.1.1. Координация, организация и проведение научных исследований по математике по направлениям:

- Алгебра, математическая логика и геометрия;
- Теория функций и функциональный анализ;
- Теория вероятностей и математическая статистика, и их приложения;
- Дифференциальные уравнения;
- Математическая физика и моделирование;
- Математические методы в информационных технологиях, в гуманитарных и естественных науках.

1.1.2. Повышение числа публикаций в высокорейтинговых международных научных изданиях, то есть в рецензируемых зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science или Scopus с ненулевым импакт-фактором.

Цель 1.2. Разработка рекомендаций и предложений по определению государственных приоритетов в области математики и прикладной математики, исходя из:

- задач «Плана нации – 100 конкретных шагов», который предусматривает «Повышение качества человеческого капитала на основе стандартов стран Организации экономического сотрудничества и развития»;
- задач, поставленных ГПРОН РК на 2020–2025 годы.

Задачи:

1.2.1. Определение приоритетных направлений фундаментальных и прикладных математических исследований;

1.2.2. Проведение прогнозных исследований развития фундаментальной и прикладной математики на основе сложившихся мировых тенденций развития.

Цель 1.3. Обеспечение конкурентоспособности результатов отечественных научных исследований в области фундаментальной и прикладной математики, математического моделирования, их внедрение в интересах Повышения качества человеческого капитала на основе стандартов стран Организации экономического сотрудничества и развития.

Задачи:

1.3.1. Развитие фундаментальных научных исследований в интересах научно-технологического развития;

1.3.2. Выработка и внедрение новых форм и методов организации и проведения научных исследований.

1) Основные параметры развития курируемого направления науки в целом

Известно, что математика и математическое моделирование занимают важное место в мировой науке. В Казахстане на мировом уровне работают ведущие ученые математики - академики НАН РК Кальменов Т.Ш., Отелбаев М., Джумадильдаев А.С., С.Н. Харин, Умирбаев У., Ойнаров Р., Н.К. Блиев, члены-корреспонденты НАН РК Байжанов Б.С., Садыбеков М.А., Кулпешов Б.Ш., Д. Сураган, профессора Нурсултанов Е.Д., А.Т. Асанова, Н.С. Даирбеков, М.Т. Дженалиев, доктора PhD Торебек Б., Токмагамбетов Н., А. Касымов, Н. Есиркегенов, имеющие высокий международный рейтинг.

В 2007 году лауреатом Государственной премии Республики Казахстан стал Отелбаев М., в 2009 году лауреатом Государственной премии Республики Казахстан стал Умирбаев У., в 2011 году лауреатом Государственной премии Республики Казахстан стал Джумадильдаев А.С., в 2013 году лауреатом Государственной премии Республики Казахстан стал Кальменов Т.Ш. В 2020 году лауреатами Государственной премии Республики Казахстан имени аль-Фараби стали М. Садыбеков и Д. Сураган. Вручение престижной премии Американского математического общества Умирбаеву У. в 2007 году (за лучшую публикацию в журналах Американского математического общества за 2000-2006 гг.) высоко подняло рейтинг математической науки Казахстана во всем мире.

В 2012 г. Международная премия им. Хорезми (Иран) присвоена академику НАН РК А.С. Джумадильдаеву. В 2013 г. премию им. Д.А. Кунаева для молодых ученых за лучшую работу в области естественных наук получил доктор PhD Сураган Дурвудхан за работу «Граничные и спектральные свойства объемного потенциала». В 2014 г. Грант Heidelberg Laureate Forum Foundation (HLFF) для молодых ученых получил доктор PhD Сураган Дурвудхан. В 2015г. Международная премия IEEE имени Хольма присвоена академику НАН РК С.Н. Харину, а премия имени К.И. Сатпаева за лучшее научное исследование в области естественных наук присвоена член-корр. НАН РК М.А. Садыбекову и профессору А.М. Сарсенби. Государственную научную стипендию для талантливых молодых ученых получил докторант PhD Торебек Б.

В 2016 г. Независимая международная награда «Лидер науки» от компании Thomson Reuters в номинации «Самые цитируемые молодые ученые Казахстана за 2008-2015 годы» в области физических наук присвоена доктору PhD М.Ю. Немченко. Независимая международная награда в области науки и техники Top Springer Author в области математики присвоена д.ф.-м.н. Нурсултанову Е.Д. Грант Heidelberg Laureate Forum Foundation для талантливых молодых ученых за 2016 год присвоен докторанту PhD Н.А. Есиркегенову. Постдок Имперского колледжа Лондона – доктор PhD Д. Сураган. Государственная научная стипендия для талантливых молодых ученых присвоена доктору PhD К.С.Туленову. По приглашению Имперского колледжа Лондона были прочитаны лекции сотрудниками Института: академиком НАН РК Кальменовым Т.Ш., член-корр. НАН РК Садыбековым М.А., проф. Кангужиным Б.Е., проф. Нурсултановым Е.Д. По приглашению Новосибирского Гос. Университета с пленарными докладами на международной научной конференции выступили: академик НАН РК Кальменов Т.Ш., член-корр. НАН РК Садыбеков М.А., проф. Кангужин Б.Е., проф. Турметов Б.Х. Опубликовано **144 работы в зарубежных рейтинговых изданиях с импакт-фактором (53 – Web of Science и 85 –Scopus, 5 монографий).**

В 2017 году Премии Казахстанского математического общества за лучшие публикации в в зарубежных рейтинговых изданиях с импакт-фактором за 2016г.

1 премия - доктор PhD Д. Сураган, 2 премия – д.ф.-м.н. Турметов Б.Х., докторант PhD Торебек, 3 премия – академик НАН РК Т.Ш.Кальменов, член-корр. НАН РК М.А.Садыбеков.

Член-корреспондент НАН РК профессор Садыбеков Махмуд Абдысаметович и PhD старший научный сотрудник Торебек Берикбол Тиллабайулы стали Лауреатами независимой награды «Лидер науки — 2017» в номинации «Автор самой высокоцитируемой казахстанской публикации, подготовленной без участия зарубежных соавторов», проводимой компанией Clarivate Analytics (бывшая Thomson Reuters). В конкурсе учитывались публикации казахстанских ученых в международных журналах с ненулевым импакт-фактором в базе данных Web of Science за 2015-2016 годы. Нургиса Есиркегенов выиграл ["Santader Mobility Award 2017"](#) (1000 фунтов), которая используется чтобы пройти научную стажировку для докторантов. Государственная научная стипендия для талантливых молодых ученых присвоена доктору PhD Д.Сурагану. Опубликовано **202 работы в зарубежных рейтинговых изданиях с импакт-фактором (92 – Web of Science и 85 – Scopus, 25 глав в зарубежных монографиях).**

В 2018 году докторант PhD Болыс Сабитбек получил премию Heidelberg Taureate Forum Foundation (HFFF) для молодых ученых. Дипломами ИМММ за лучшие публикации 2018 г. награждены сотрудники: Асанова А.Т., Торебек Б.Т., Токмагамбетов Н.Е., Садыбеков М.А. Опубликовано в 2018г. **116 рейтинговых публикаций: 86 статей по БД Web of science, из них с импакт фактором 61, 30 публикаций по Scopus** (12 статей, 18 материалов конференции).

В 2019 году опубликовано **102 рейтинговые публикации: 94 статьи по БД Web of science, из них с импакт фактором 54, 62 публикации вошли в базу данных Scopus.** Государственная научная стипендия для талантливых молодых ученых присвоена докторанту PhD А.А.Касымову. Академик НАН РК Джумадильдаев А.С. получил звание заслуженный деятель Казахстана. Нагрудной знак "За заслуги в развитии науки Республики Казахстан" получил д.ф.-м.н., проф. Мынбаев К.Т. На Международном математическом конгрессе: «12th International ISAAC congress», прошедшем в Португалии, город Aveiro выступили с докладами академик НАН РК Кальменов Т.Ш., член-корреспондент НАН РК Садыбеков М.А.

В 2020 году опубликовано **116 рейтинговых публикаций по БД Web of science из них с импакт фактором 67, 18 публикаций вошли в базу данных Scopus.**

Институт математики и математического моделирования стал лауреатом номинации - Лидер по публикационной активности в Web of Science Core Collection за последние 3 года среди институтов Республики Казахстан в предметной области «Математика».

Цикл работ Садыбекова Махмуда Абдысаметовича и Сураган Дурвудхана «К теории нелокальных дифференциальных операторов» удостоен присуждения Государственной премии Республики Казахстан в области науки и техники имени аль-Фараби 2020 года.

Главному научному сотруднику Отдела дифференциальных уравнений, д.ф.-м.н., профессору Асановой А.Т. присуждена ежегодная «Государственная стипендия для ученых и специалистов, внесших выдающийся вклад в науку и технику Республики Казахстан» за 2020 год.

Ph.D. Есиркегенову Н.А., PhD Туленову К.С. присуждена государственная научная стипендия для талантливых молодых ученых.

В 2021 году премию «Лучший научный работник» получили Нурсултанов Е.Д., Кангужин Б.Е., Торебек Б.Т. Государственная научная стипендия для талантливых молодых ученых присвоена Исмаилову Н.А. и Кадирбаевой Ж.М. Лауреатом Государственной молодежной премии «Дарын» стал Ph.D. Есиркегенов Н.А.

В 2021 году опубликовано **121 рейтинговых публикаций по БД Web of science из них с импакт фактором 63, 68 публикаций вошли в базу данных Scopus.**

Современный этап развития науки характеризуется усилением и углублением взаимодействия отдельных её отраслей, формированием новых форм и средств исследования, в т.ч. математизацией и компьютеризацией познавательного процесса. Распространение понятий и принципов математики в различные сферы научного познания оказывает существенное влияние как на эффективность специальных исследований, так и на развитие самой математики.

Так, применение математики в механике, астрономии, физике и в других областях естествознания, с одной стороны, способствовало проникновению в научный аппарат указанных областей знания таких понятий, как число, функция, производная, дифференциал, интеграл, структура, система и т.д., с другой – привело к формированию дифференциального интегрального исчисления, теории вероятности, теории множеств и целого ряда других направлений математики. Использование математики в биологических и особенно гуманитарных науках содействовало образованию необычных для классической математики понятий качество, расплывчатое множество, функция принадлежности, отображение, бинарное отношение, алгебраические операции и др. В целом, математизация процесса познания становится определяющим фактором того, что и сама математика подвергается глубоким структурным изменениям. В этом плане развитие математики, образование общенаучных понятий, наметившуюся тенденцию к всестороннему отображению объектов природной и социальной действительности, следует рассматривать в контексте с единым тотальным процессом синтеза научного знания, являющимся отображением единства материального мира.

В процессе математизации естественных, общественных, технических наук и её углубления происходит взаимодействие между методами математики и методами тех отраслей наук, к которым применяется математическое моделирование, усиливается взаимодействие и взаимосвязь между математикой и конкретными науками, формируются новые интегративные направления в науке.

Способы и методы математики ныне широко применяются в изучении социальных явлений и процессов. Судя по всему, в процессе развития математики будут создаваться математические средства, более адекватно отражающие социальную действительность.

Математика играет важную роль в ускорении интеграции научного знания, во взаимодействии общественных, естественных технических наук, в усилении их связи с производством. Синтетический характер математики состоит в том, что она обладает предметной общностью, т.е. абстрагируясь от количественных свойств социальных, природных и технических объектов, изучает специфические закономерности, присущие этим областям.

Развитие математики определяется проблемами фундаментальной и прикладной математики. Прикладная математика ориентирована на решение различных конкретных проблем реального мира.

Современный этап математизации науки характеризуется широким использованием метода математического моделирования. Математика разрабатывает модели и совершенствует методы их исследования и применения.

Создание математических моделей – первый шаг в математико-исследовательском направлении. В последующем модель изучается посредством особых математических методов.

На основе применения математических методов, принципов и идей в других областях знания возникает новое интегративное знание.

2) Анализ основных проблем

Исследование волновых и дифракционных процессов в квантовой электродинамике, магнитной гидродинамике и др. приводит к нелинейным солитонным уравнениям, что обуславливает необходимость развития общей математической теории таких уравнений и систем. В настоящее время хорошо изучены свойства классического пространственно-одномерного уравнения Кортевега - де Фриза. Однако, еще многое остается неизвестным о

структуре и свойствах многомерных нелинейных эволюционных уравнений.. Актуальной проблемой является построение новых многомерных эволюционных уравнений, изучение структуры, специфики и свойств интегрируемости нелинейных солитонных уравнений, построения их решений. Алексеевой Л.А. на основе теории обобщенных функций разработан метод сингулярных граничных интегральных уравнений для решения ряда динамических краевых задач математической физики с учетом ударных волн.

Математизации современной науки связана с решением крупных научно-технических проблем. Это, в свою очередь, требует применения современной вычислительной техники, что нельзя представить без математического обеспечения. Можно отметить, что на стыке математики и других конкретных наук возникли дисциплины «пограничного» характера, такие как математическая психология, математическая социология и т.д. В методах исследования синтетических наук, таких как кибернетика, информатика, бионика и др. математика выполняет определяющую роль.

Теория функциональных пространств, гармонический анализ и теория интерполяции играют ключевую роль в математике и ее приложениях.

Исследование функциональных пространств с точки зрения теории представления, теории вложения и продолжения, теории интерполяции занимает (в настоящее время и в ближайшей перспективе) центральное место в теории функций. Важные достижения отражены, в частности, в серии монографий Triebel H. *Theory of Function Spaces*. III. Basel et al: Birkhauser, 2006, Triebel H. *Function Spaces and Wavelets on Domains*. EMS, Tracts in Math 7, 2008, Triebel H. *Bases in Function Spaces, Sampling, Discrepancy, Numerical integration*. EMS, Tracts in Math 11, 2010.

Казахстанские математики имеют приоритетные разработки по данному направлению, подтвержденные публикациями в рейтинговых научных изданиях, апробацией на ведущих научных семинарах и конференциях. Е.Д. Нурсултановым построена теория интерполяции абстрактных анизотропных классов, пространств стохастических процессов, сетевых пространств; предложен многопараметрический интерполяционный метод и полностью решена задача реитерации для вещественного интерполяционного метода Лионса и Петре. Д.Б. Базархановым получены новые характеристики, нормировки и представления для функциональных пространств Никольского-Бесова и Лизоркина-Трибеля (переменной, а также обобщенной) смешанной гладкости.

Функциональные пространства переменной гладкости – относительно новый объект теории – интенсивно исследуются в настоящее время и, несомненно, представляют весьма перспективное направление: в теории этих пространств и их модификаций остается ряд важных нерешенных проблем, в частности, связанных с представлениями, характеристиками и эквивалентными нормировками, а также построением новых интерполяционных методов.

Среди перспективных направлений современной теории приближений особо выделяются а) нелинейная аппроксимация – один из наиболее актуальных и интенсивно разрабатываемых разделов, представляющий принципиальный теоретический интерес и имеющий важные применения; б) теория поперечников функциональных компактов (в многомерном случае) – один из центральных разделов сейчас и в ближайшей перспективе; с) восстановление (классов) операторов на функциональных компактах.

Развитие методов нелинейной аппроксимации и оценок различных поперечников функциональных компактов переменной гладкости, а также методов восстановления различных классов операторов на них образуют перспективное направление исследований и согласуются с главными тенденциями в современной теории.

Теория корректных сужений и расширений операторов. М. Отелбаевым впервые построена теория корректных расширений и сужений линейных операторов в банаховом пространстве и даны эффективные применения в теории дифференциальных операторов; изобретена конструкция усреднения коэффициентов дифференциальных операторов,

ставшая ныне известной специалистам под названием "функция Отелбаева" – эффективно и удачно отражающая именно те особенности их поведения, которые влияют на спектральные свойства дифференциальных операторов.

М.А.Садыбековым и А.М.Сарсенби решена проблема выбора присоединенных функций несамосопряженных обыкновенных дифференциальных операторов; получены конструктивные необходимые и достаточные условия базисности Рисса собственных и присоединенных функций несамосопряженных обыкновенных дифференциальных операторов; решена спектральная задача для модельных обыкновенных дифференциальных операторов первого и второго порядков.

Дифференциальные уравнения являются одним из важнейших разделов математики, который имеет очень большое прикладное значение. Кроме общематематического и теоретического интереса, дифференциальные уравнения находят широкое практическое применение.

Теория дифференциальных уравнений является одним из самых больших разделов современной математики. Она состоит из двух обширных областей математики: теории обыкновенных дифференциальных уравнений и теории уравнений с частными производными.

Теория дифференциальных уравнений непосредственно связана с приложениями. Например, при решении задач, связанных с электродинамикой, распространением тепла, радиоактивным распадом, оптимальным управлением и т.д. Простейшее дифференциальное уравнение с разделяющимися переменными описывает и процесс изменения атмосферного давления в зависимости от высоты над уровнем океана, и процесс распада радия, и процесс изменения народонаселения, и процесс охлаждения тела и т.д.

Традиционным примером прикладной задачи, приводящей к простейшему обыкновенному дифференциальному уравнению первого порядка, является задача о радиоактивном распаде вещества. Дифференциальные уравнения описывают процессы распространения тепла и диффузии газов. Изучение электромагнитных полей базируется на знаменитых уравнениях Максвелла. Фундаментальную роль в квантовой механике играет дифференциальное уравнение, называемое уравнением Шредингера. Опираясь на решение системы дифференциальных уравнений, был сконструирован автопилот. Дифференциальные уравнения использовались при создании аппарата "искусственная почка", поскольку процесс гемодиализа (т.е. очищения крови при помощи искусственной почки) описывается системой дифференциальных уравнений. Так называемое "телеграфное уравнение", описывает давление нефти или газа в трубопроводе.

Построению непрерывных и дискретных математических моделей к расчету течений двухфазных дисперсных смесей в трубах переменного сечения с учетом различных эффектов (фазовые превращения, нуклеация и коагуляция зародышей, теплообмен с внешней средой и др.) посвящены работы д.ф.м.н. проф. Т.Р.Аманбаева.

Под руководством С.Н.Харина проводятся исследования в области создания математических моделей, описывающих нестационарные электромагнитные и температурные поля в электроконтактных системах с учетом фазовых переходов, базирующихся на многофазных задачах стефановского типа, для которых построены алгоритмы аналитических и численных решений. Результаты этих исследований позволили дать математическое описание динамики различных процессов в низкотемпературной плазме электрической дуги и приэлектродных областях.

В настоящее время теория обыкновенных дифференциальных уравнений представляет собой богатую, широко разветвленную теорию.

Уравнения с частными производными начали изучаться значительно позже. Теория уравнений с частными производными возникла на основе конкретных физических задач, приводящих к исследованию отдельных уравнений с частными производными, которые получили название основных уравнений математической физики. Важнейшими

уравнениями математической физики являются: уравнение Лапласа, уравнение теплопроводности, волновое уравнение.

Эти уравнения встречаются в задачах электростатики, теории потенциала, гидродинамики, теории теплопередачи, в теории диффузии, в акустике и многих других разделах физики, в теории функций комплексного переменного, в различных областях математического анализа, а также играют важную роль в теории вероятностей.

Казахстанскими математиками получены существенные результаты как по классическим, так и по современным разделам теории уравнений параболического типа. Исследуются вольтерровые и невольтерровые параболические задачи, сингулярно возмущенные младшим членом, с неизвестной или со свободной границей параболические задачи. Изучаются многопараметрические стохастические задачи и задачи управления. Особое внимание уделяется обоснованию корректности и разработке методов решения нелокальных граничных задач, описываемых спектрально-нагруженными дифференциальными уравнениями, нелокальным обратным и некорректным задачам для дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений.

Проводится разработка существенно неосциллирующих схем высокого порядка аппроксимации для решения двумерных (WENO-схема) и трехмерных (ENO-схема) уравнений течения сжимаемого вязкого многокомпонентного газа, позволяющих надежно проводить сквозной расчет сверхзвуковых течений с ударными волнами, а также для решения задач с горением. Разработана математическая модель турбулентных дозвуковых гетерогенных течений взаимодействующих смесей на основе эйлера-лагранжево представления (А.Ж. Найманова).

В настоящее время важную роль в развитии теории дифференциальных уравнений играет применение современных компьютеров. Возможность провести вычислительный эксперимент для выявления тех или иных свойств решений дифференциальных уравнений часто облегчает их исследование. Результаты такого эксперимента могут быть теоретически обоснованы и в дальнейшем служат фундаментом для дальнейших исследований.

Отсюда происходит связь теории дифференциальных уравнений с вычислительной математикой и, в частности, с такими ее важными разделами, как метод конечных разностей, метод конечных элементов и другие.

Итак, важнейшая черта теории дифференциальных уравнений - ее тесная связь с приложениями. Задачи физики и других естественных наук снабжают теорию дифференциальных уравнений проблемами, из решения которых вырастают новые теории. Но бывает и так, что математическое исследование, рожденное в рамках самой математики, находит приложение в конкретных физических проблемах. Таким примером может служить задача Трикоми для уравнений смешанного типа, которая спустя более четверти века после ее решения нашла важные применения в задачах современной газовой динамики при изучении сверхзвуковых течений газа.

Второй особенностью теории дифференциальных уравнений является ее связь с другими разделами математики, такими, как функциональный анализ, алгебра и теория вероятностей. Теория дифференциальных уравнений и особенно теория уравнений с частными производными широко используют основные понятия, идеи и методы этих областей математики и, более того, влияют на их проблематику и характер исследований. Некоторые большие и важные разделы математики были вызваны к жизни задачами теории дифференциальных уравнений.

При изучении конкретных дифференциальных уравнений, возникающих в процессе решения физических задач, часто создавались методы, обладающие большой общностью и применявшиеся без строгого математического обоснования к широкому кругу математических проблем. Такими методами являются, например, метод Фурье, метод Ритца, метод Галёркина, методы теории возмущений и другие. Эффективность применения этих методов явилась одной из причин попыток их строгого математического обоснования.

Это приводило к созданию теории интеграла Фурье, теории разложения по собственным функциям и, далее, спектральная теория операторов и другие теории.

Изучение непрерывных групп преобразований в связи с задачами интегрирования дифференциальных уравнений привело к созданию теории групп Ли.

Начало качественной теории дифференциальных уравнений было положено в работах Пуанкаре. Эти исследования Пуанкаре по обыкновенным дифференциальным уравнениям привели его к созданию основ современной топологии.

Таким образом, дифференциальные уравнения находятся как бы на перекрестке математических дорог. С одной стороны, новые важные достижения в топологии, алгебре, функциональном анализе, теории функций и других областях математики сразу же приводят к прогрессу в теории дифференциальных уравнений и тем самым находят путь к приложениям. С другой стороны, проблемы физики, сформулированные на языке дифференциальных уравнений, вызывают к жизни новые направления в математике, приводят к необходимости совершенствования математического аппарата, дают начало новым математическим теориям, имеющим внутренние законы развития, свои собственные проблемы.

В настоящее время теория дифференциальных уравнений с частными производными представляет собой богатую, сильно разветвленную теорию.

Важным достижением теории уравнений с частными производными явилось создание теории интегральных уравнений Фредгольма и решение основных краевых задач для уравнения Лапласа.

Построена теория классических краевых задач для эллиптических операторов на основе недавно созданного нового аппарата - теории псевдодифференциальных операторов, решена проблема индекса, изучены смешанные задачи для гиперболических уравнений.

Уравнения эллиптического типа составляют один из наиболее развитых разделов общей теории операторов. Исследованию таких уравнений посвящены около половины всех публикаций в мировой научной литературе (см., например, Gazzola F., Grunau H.C., Sweers G. Polyharmonic boundary value problems. Springer, 2010, 443p.; Volpert V. Elliptic partial differential equations. Fredholm theory of elliptic problems. Vol.1 Birkhauser, 2011. 658p.; Fried H.M. Green's Functions and Ordered Exponentials. CUP, 2002. 181p.). Несмотря на серьезную продвинутость этой теории, казахстанскими математиками получены здесь значительные результаты. Впервые открыты граничные условия классического Ньютонова потенциала (Т.Ш. Кальменов). Найдены собственные векторы Ньютонова потенциала в круге и шаре. Найдена асимптотика спектра Ньютонова потенциала для произвольной области. Впервые построены аналоги периодических задач в круге и шаре, изучены их спектры (М.А.Садыбеков).

Важную роль в современных исследованиях гиперболических уравнений играют интегральные операторы Фурье, которые обобщают оператор преобразования Фурье на тот случай, когда фазовая функция в показателе экспоненты, вообще говоря, нелинейно зависит от независимых переменных и частот. С помощью интегральных операторов Фурье изучен вопрос о распространении особенностей решений дифференциальных уравнений, ведущий начало от классических работ Гюйгенса. Джумабаевым Д.С. разработан метод параметризации для исследования краевых задач для дифференциальных уравнений, который был использован при решении задач для систем гиперболических уравнений.

В последние десятилетия найдены условия корректной постановки краевых задач, исследованы вопросы гладкости решений для эллиптических и параболических систем. Изучены нелинейные эллиптические и параболические уравнения второго порядка и широкие классы нелинейных уравнений первого порядка, исследована для них задача Коши, построена теория разрывных решений.

Глубокому изучению были подвергнуты система Навье-Стокса, система уравнений пограничного слоя, уравнения теории упругости, уравнения фильтрации и многие другие важные уравнения математической физики.

Интересным примером привлечения идей и средств из других областей математики является решение в последние годы задачи Коши для уравнения Кортевега-де Фриса с помощью обратной задачи теории рассеяния. На основе возникшего при этом метода найдены новые классы интегрируемых нелинейных уравнений и систем. При этом существенную роль сыграло применение методов алгебраической геометрии, позволившее, в частном случае, проинтегрировать уравнения Янга-Миллса, играющие важную роль в квантовой теории поля.

В последние десятилетия возник и интенсивно развивается новый раздел теории уравнений с частными производными - теория усреднения дифференциальных операторов. Эта теория возникла под влиянием задач физики, механики сплошной среды и техники, в частности, связанных с изучением композитов (сильно неоднородных материалов, широко используемых в настоящее время в инженерной технике), пористых сред, перфорированных материалов. Такие задачи приводят к уравнениям с частными производными с быстро осциллирующими коэффициентами или в областях со сложной границей. Численное решение такого рода задач крайне затруднительно. Необходим асимптотический анализ задачи, что и приводит к задачам усреднения.

Много работ в последние годы посвящено изучению поведения решений эволюционных уравнений (то есть уравнений, описывающих процессы, развивающиеся во времени) при неограниченном возрастании времени и возникающих при этом так называемых аттракторов. Продолжает привлекать внимание исследователей вопрос о характере гладкости решений краевых задач в областях с негладкой границей, большое число работ в последние годы посвящено изучению конкретных нелинейных задач математической физики.

За последние полтора - два десятка лет сильно изменилось лицо качественной теории обыкновенных дифференциальных уравнений. Одним из важных достижений является открытие предельных режимов, которые получили название аттракторов. Это потребовало привлечения средств дифференциальной геометрии и топологии, функционального анализа и теории вероятностей. В настоящее время происходит интенсивное внедрение этих математических понятий в приложения. Так, например, явления, происходящие при переходе ламинарного течения в турбулентное при повышении чисел Рейнольдса, описываются аттрактором. Изучение аттракторов предпринято также и для уравнений с частными производными.

Другим важным достижением теории обыкновенных дифференциальных уравнений явилось изучение структурной устойчивости систем.

Таким образом, теория дифференциальных уравнений в настоящее время представляет собой исключительно богатый содержанием, быстро развивающийся раздел математики, тесно связанный с другими областями математики и с ее приложениями.

Многие разделы теории дифференциальных уравнений стали самостоятельными науками. Большая часть путей, связывающих абстрактные математические теории и естественнонаучные приложения, проходит через дифференциальные уравнения. Все это обеспечивает теории дифференциальных уравнений одно из главных мест в современной науке.

В настоящее время основной тенденцией развития теории дифференциальных уравнений является их алгебраизация и геометризация.

Тенденциями развития теории дифференциальных уравнений можно считать следующие направления:

– Развитие математической физики исходя из потребностей квантовой теории поля и астрофизики. Квантовая теория поля, являясь основой теории элементарных частиц, не

только использует самый современный математический аппарат, но и влияет на его развитие.

В настоящее время на взлете нелинейные уравнения. Одиночные волны, которые описываются этими уравнениями, сейчас играют большую роль.

Явления, описываемые нелинейными дифференциальными уравнениями, могут иметь сразу несколько типов поведения и количественные изменения могут приводить в них к качественным — бифуркациям, фазовым переходам, структурированию.

Одно из первых нелинейных уравнений, позволивших обнаружить такие важные аномалии, было выведено еще в прошлом веке Д. Кортевегом, заведовавшим кафедрой математики и механики Амстердамского университета, и его учеником, де Фризом, исследовавшими распространение волн в жидкой среде.

Это уравнение, как всякое дифференциальное уравнение в частных производных, имеет несколько решений. Чтобы выбрать одно из них, необходимо задаться начальными условиями. При определенных условиях решение уравнения Кортевега — де Фриза представляет собой систему уединенных волн, каждая из которых движется со своей собственной постоянной скоростью, при этом сохраняя свою форму и амплитуду. Более того, одна такая волна — их называли солитонами — может догнать другую и даже пройти сквозь нее, не изменив своей структуры.

В последнее время наиболее существенную роль в дифференциальной геометрии стали играть уравнения в частных производных и геометрические методы построения их решений. В первую очередь, это различные геометрические потоки типа потока Риччи (известного по доказательству гипотезы Пуанкаре, полученному Перельманом) или потока средней кривизны. В 2012 году с их помощью, например, было получено решение давно стоявшей проблемы Лоусона о минимальных торах, вложенных в трехмерную сферу. С такими потоками связаны и надежды на классификацию алгебраических многообразий большой размерности.

Большое число работ посвящено построению решений уравнений Эйнштейна на многообразиях с нетривиальной топологией. Интерес к этим исследованиям подогревается приложениями в современной теоретической физике. Часто доказательство существования таких решений на тех или иных пространствах получается с помощью геометрических методов без исследования сложных уравнений в частных производных, которые однако и в этой области играют основную роль.

В дифференциальной геометрии также продолжается развитие методов теории интегрируемых систем, позволяющих явно описать те или иные важные геометрические объекты, как то поверхности, принадлежащие к специальным классам (минимальные, постоянной средней кривизны, конформно минимальные) и др. Эти методы в последнее время активно применялись и для построения явных примеров дифференциальных операторов, входящих в описание геометрических объектов и в то же время обладающих интересными спектральными свойствами (И.Тайманов). Особый интерес представляет построение с помощью таких методов новых явных примеров метрик Эйнштейна на компактных многообразиях без края, но эта задача пока остается очень сложной и на этом пути существенных продвижений в последнее время не достигнуто.

Без сомнения конечномерное аффинное пространство над алгебраически замкнутым полем нулевой характеристики является одним из основных объектов алгебраической геометрии. Поэтому удивительно, что мы до сих пор очень мало знаем о геометрии и симметриях этого пространства. За последнее десятилетие достигнуты ряд замечательных результатов, среди которых решение проблемы Нагаты о ручных и диких автоморфизмах У. Умирбаевым и И. Шестаковым и доказательство линеаризуемости мультипликативного действия в трехмерных пространствах Ш. Калиманом, М. Корасом, Л. Макара-Лимановым и П. Расселом. Несмотря на это многие основные проблемы остаются открытыми. Эти проблемы — проблема якобияна, проблема сокращения, проблема линеаризации, проблема вложения и некоторые другие.

А.С. Джумадильдаевым заложены основы нового направления в алгебре - теории N -коммутаторов и теории алгебр с кососимметрическими тождествами, близкими к алгебрам Ли, совместно с К. Ловалом построен базис свободных правосимметрических алгебр, а также получен ряд результатов в области теории неассоциативных алгебр совместно с Туленбаевым К. М. и другими учениками.

Одним из важных разделов математической логики является наряду с теорией алгоритмов, аксиоматической теорией множеств, теорий доказательств – теория моделей.

Теория моделей. С момента определения структуры и определения истинности на ней формулы первого порядка, а значит и множества формул, называемой её теорией, исследования проводились по 5 направлениям:

1. Разрешимость теории, то есть вопрос существования алгоритма для определения: принадлежит ли данная формула теории или эквивалентно, истинна ли данная формула на всех структурах (моделях) данной теории. Главная проблема в этом направлении разрешима ли теория вещественно замкнутого поля, обогащенного экспоненциальной функцией (А.Тарский).

2. Аксиоматизируемые классы моделей. Характеризация классов моделей в терминах аксиоматизируемости формулами специального вида, такими как тождества, универсальные формулы, хорновы, пп-формулы (А.И. Омаров) или конечным числом формул (М.Г. Перетяцкий).

3. Спектральные функции. Главная проблема в этом направлении. Доказать, что функция спектра теории, дающая число неизоморфных моделей теории для бесконечных кардиналов, неубывающая. Решена Шелахом, Балдвиним, Лахланом к середине 80 годов. Окончательно закрыта в 2001 году, аккуратным рассмотрением всех пробелов предыдущих доказательств. Получено описание спектральных функций класса однородных и почти однородных моделей полной теории (К.Ж. Кудайбергенов).

4. Обогащение моделей новыми предикатами. Проблема сохранения основных свойств моделей при обогащении, таких как сильная минимальность, стабильность, модельная полнота, разрешимость и др. Было доказано, обогащение выпуклым одноместным предикатом любой модели слабо o -минимальной теории сохраняет свойство слабо o -минимальности (Б.С. Байжанов).

5. Применение методов теории моделей к проблемам алгебры и алгебраической геометрии. Например, Хрушовским решена проблема Морделла-Ленга из алгебраической геометрии при помощи методов и результатов из теории моделей. Других доказательств, кроме теоретико-модельного, пока не найдено. Основными направлениями в теории моделей в настоящее время являются направления 1, 4, 5 для различных классов теорий таких как: стабильные, простые и зависимые. Из направления 3 осталась нерешенной гипотеза Вoota о возможном числе счетных моделей.

Важная геометрическая обратная задача состоит в определении римановой метрики на ограниченном множестве евклидова пространства, или на многообразии с краем по граничной функции расстояния, которая определяется как длины геодезических, соединяющих точки границы. Физически это первое время прибытия геодезических (лучей), проходящей через область. В геофизике эта задача известна, как обратная кинематическая задача, а в дифференциальной геометрии, как проблема граничной жесткости. Граничная жесткость доказана в размерности два Пестовым и Ульманом (2005), которые установили между функцией граничного расстояния, годографом, преобразованием Гильберта и отображением Дирихле-Неймана для оператора Лапласа-Бельтрами. Их техника также позволила решить ряд задач интегральной геометрии на поверхностях. В высших размерностях граничная жесткость не доказана и проблема открыта. Задача граничной жесткости обобщена для более общих потоков, например для магнитных геодезических (Даирбеков, Paternain, Stefanov, Uhlmann, 2009 г.).

Задача интегральной геометрии состоит в определении объекта (функции, дифференциальной формы, тензорного поля) на многообразии по заданным интегралам

вдоль некоторого семейства подмногообразий. Наиболее изучена задача интегральной геометрии в случае, когда подмногообразия являются геодезическими римановой или финслеровой метрики (т.н. лучевое преобразование). В 2012 Salo, Paternain и Uhlmann доказали инъективность тензорного лучевого преобразования на простых поверхностях. Для более сложных поверхностей и в высших размерностях задача остается открытой.

3) Управление рисками

Наименование возможных рисков, влияющих на достижение цели	Мероприятия по управлению рисками
1	2
Кадровые риски, в том числе дефицит профессиональных кадров, а также дефицит молодых профессиональных кадров	Подготовка соответствующих специалистов в ВУЗах с дальнейшим продолжением обучения в зарубежных научных центрах

2. Стратегическое направление 2: Информационное и кадровое обеспечение научных исследований по математике и математическому моделированию

Цель 2.1. Информационное обеспечение научных исследований.

Задача:

2.1.1. Усиление информационного обеспечения деятельности ИМММ, путем создания единого информационного пространства казахстанских ученых-математиков, реальное функционирование которого даст прямой доступ к результатам научных исследований, проводимых казахстанскими математиками. Научно-информационная база ИМММ должна включать в себя электронные библиотеки, научные публикации ученых РК, научные проекты, информацию о научных проектах и их результатах, информацию о структуре ИМММ, о структуре его подразделений, адресно-справочные сведения, нормативно-правовые документы, внутренний документооборот.

Цель 2.2. Кадровое обеспечение научных исследований.

Задачи:

2.2.1. Формирование новых рабочих мест за счет расширения объема фундаментальных и прикладных математических исследований;

2.2.2. Создание необходимых условий для повышения престижности научной деятельности, социального статуса научного сотрудника;

2.2.3. Создание условий для привлечения и закрепления талантливой молодежи в сфере науки и технологий, в том числе оказание социальной поддержки молодым ученым;

2.2.4. Подготовка магистров и докторов PhD по математике.

3. Стратегическое направление 3: Организация сотрудничества с международными и республиканскими организациями

Цель: 3.1. Партнерство с республиканскими организациями

Задачи:

3.1.1. Взаимодействие на национальном уровне с другими научными организациями и ведущими ВУЗах РК;

3.1.2. Взаимодействие с правительственными и общественными организациями, такими как Министерства, НАН РК, институты развития;

3.1.3. Реализация совместных научных проектов с ведущими научными организациями, институтами развития, государственными предприятиями, частным бизнесом.

Цель: 3.2. Партнерство с зарубежными научными организациями и ведущими ВУЗами по соответствующим направлениям

Задачи:

3.2.1. Расширение сотрудничества с существующими партнерами в СНГ и дальнем зарубежье и заключение новых соглашений;

3.2.2. Прохождение стажировок научных сотрудников в ведущих математических центрах мира;

3.2.3. Участие в работе международных конференций, симпозиумов, конгрессов, проходящих за пределами РК;

3.2.4. Реализация совместных научных проектов с ведущими организациями и отдельными учеными в ближнем и дальнем зарубежье.

Раздел 4. Взаимоувязка стратегического и бюджетного планирования

Цель 2 (ГПРОН): Увеличение вклада науки в социально-экономическое развитие страны.

Целевой индикатор 3.

Прирост казахстанских публикаций в рейтинговых изданиях от общего количества публикаций в 2018 году (4873 ед.) по данным информационных ресурсов на платформе Web of Science (Clarivate Analytics) и Scopus (Elsevier)

годы	2020	2021	2022	2023	2024	2025
% прироста	25,1	37,7	50,3	62,9	75,5	88

Стратегическое направление 1 (ИМММ): Развитие математической науки на мировом уровне. Развитие казахстанской математической науки на высоком международном уровне путем проведения фундаментальных научных исследований и разработки на их базе новых методов исследования и моделирования процессов естествознания, для реализации требований пункта 76 «Плана нации – 100 конкретных шагов», который предусматривает «Повышение качества человеческого капитала на основе стандартов стран Организации экономического сотрудничества и развития». Увеличение количества рейтинговых научных публикаций по данным информационных ресурсов на платформе Web of Science (Clarivate Analytics) и Scopus (Elsevier).

Задача 2.1: Укрепить интеллектуальный потенциал науки

Мероприятие 1. (ГПРОН) Реализация научных проектов и программ по грантовому и программно-целевому финансированию и проектов коммерциализации

годы	2020	2021	2022	2023	2024
Реализация научных проектов и программ по грантовому и программно-целевому финансированию и проектов коммерциализации	53 991	56 223	72 769	242 399	330 454

Стратегическое направление 2 (ИМММ): Выполнение проектов грантового финансирования.

Количество выполняемых научных проектов.

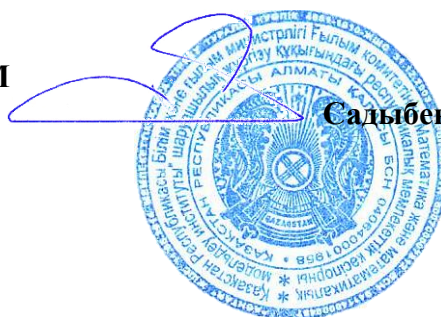
Раздел 5. Приоритетные направления, цели и целевые индикаторы

№	Целевой индикатор	Ответственные	Источники информации	Единица измерения	Отчетный год	План (факт) текущего года	Плановый период				
							1-й год	2-й год	3-й год	4-й год	5-й год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Приоритетное направление 1. Развитие математических наук на мировом уровне											
Цель 1.1. Проведение научно-исследовательских работ по общим проблемам математики, в том числе фундаментальные, теоретические, прикладные, проектно-поисковые исследования с привлечением ведущих ученых Казахстана											
1	Выполнение заказа МОН РК, в %	Зам. ген. директора Байжанов Б.С.	годовой отчет	%	100	100	100	100	100	100	100
1.1.1	Количество проектов	Зам. ген. директора Байжанов Б.С.	годовой отчет	шт	42	42	42	42	42	42	42
1.1.2	Кол-во публикаций в высокорейтинговых изданиях, то есть в рецензируемых зарубежных научных изданиях, индексируемых в базах данных Web of Science или Scopus с ненулевым импакт-фактором	Зам. ген. директора Байжанов Б.С.	отчет	шт	40	40	40	40	40	40	40

Раздел 6. Ресурсы

Ресурсы	Единица измерения	Отчетный период	План текущего периода	Плановый период				
				1-й год 2022	2-й год 2023	3-й год 2024	4-й год 2025	5-й год 2026
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Финансовые всего, в том числе								
Бюджетные средства	млн. тг	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828
Внебюджетные средства	млн.тг	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Иные								
Итого по цели 1.1.	млн.тг	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828
Финансовые ресурсы и персонал, направленные на достижение целей стратегического плана								
Бюджетные средства	млн. тг	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828	609,828
Персонал	чел	229	229	229	229	229	229	229

Генеральный директор РГП ИМММ
член-корреспондент НАН РК



Салдыбеков М.А.