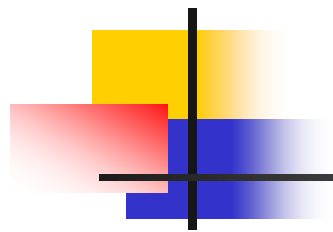


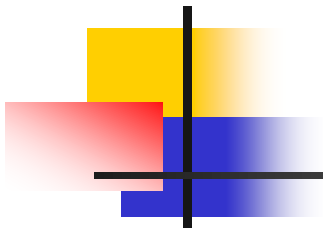
**ОТЧЕТНЫЙ ДОКЛАД
О ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛЕНИЯ
МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК РАН
за 2023 год**

Академик-секретарь ОМН РАН В. В. Козлов

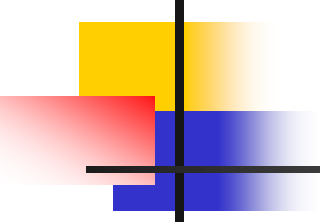
Москва, 27 мая 2024 года



В Отделении математических наук РАН состоят 95 членов отделения, среди них 37 академиков РАН и 58 членов-корреспондентов РАН.



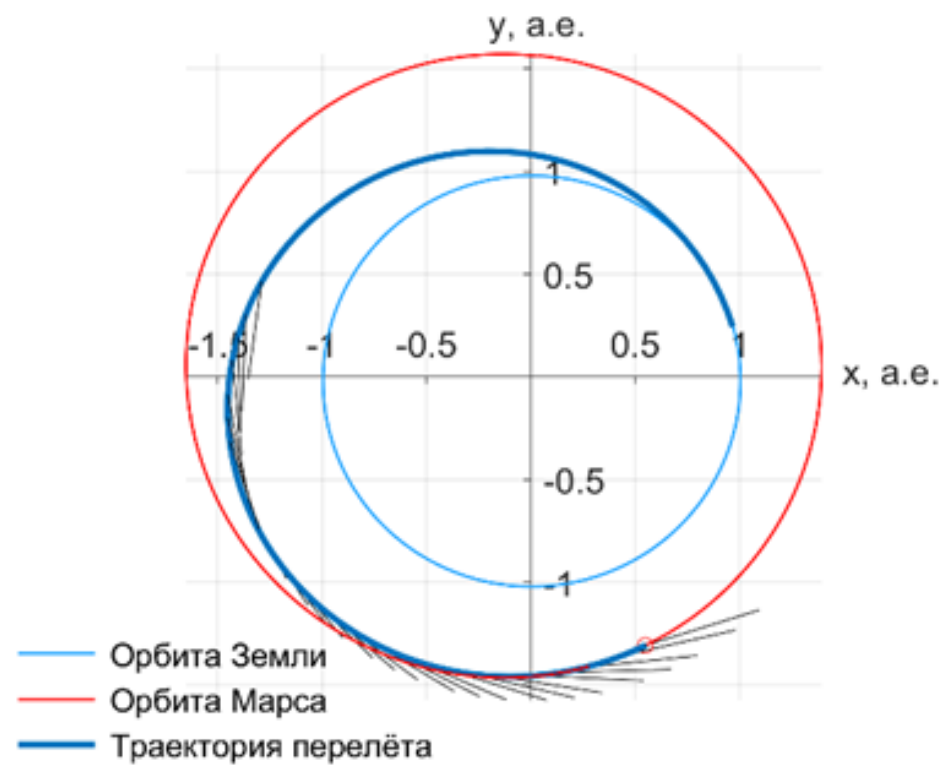
В соответствии с Федеральным Законом от 27 сентября 2013 года № 253-ФЗ Российская академия наук подготавливает и представляет Президенту Российской Федерации и в Правительство Российской Федерации доклады о реализации государственной научно-технической политики в Российской Федерации и о важнейших научных результатах, полученных российскими учеными в 2023 году.

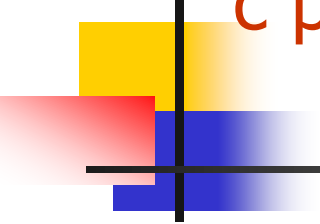


Двухуровневая схема оптимизации перелёта Земля-Марс малого космического аппарата по гибридной схеме с электрореактивной двигательной установкой

Предложена двухуровневая процедура оптимизации траектории перелёта Земля–Марс малого космического аппарата с электрореактивной двигательной установкой. Решение задачи оптимального управления находится с помощью принципа максимума Понтрягина. Используются экспериментально полученные параметры двигательной установки и учитывается необходимость дополнительных затрат рабочего тела на парирование эксцентриситета тяги. В исследовании показывается связь между величиной гиперболического избытка скорости и числом активных участков траектории (ИПМ РАН).

Траектория перелета МКА к Марсу



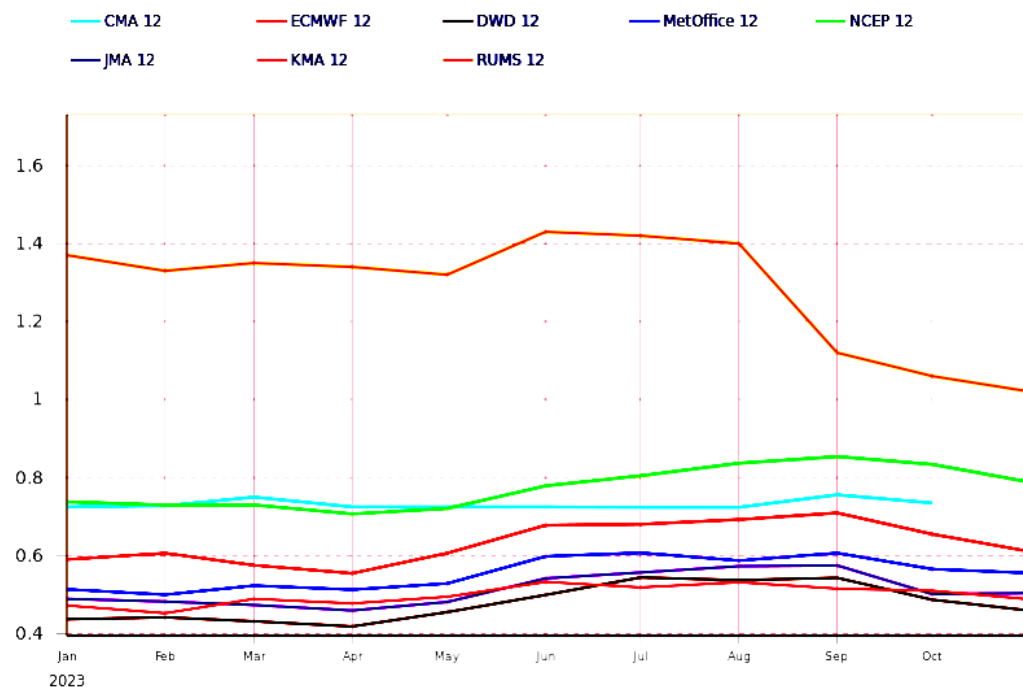


Глобальная модель численного прогноза погоды с разрешением мирового уровня внедрена в оперативную эксплуатацию в Гидрометцентре России

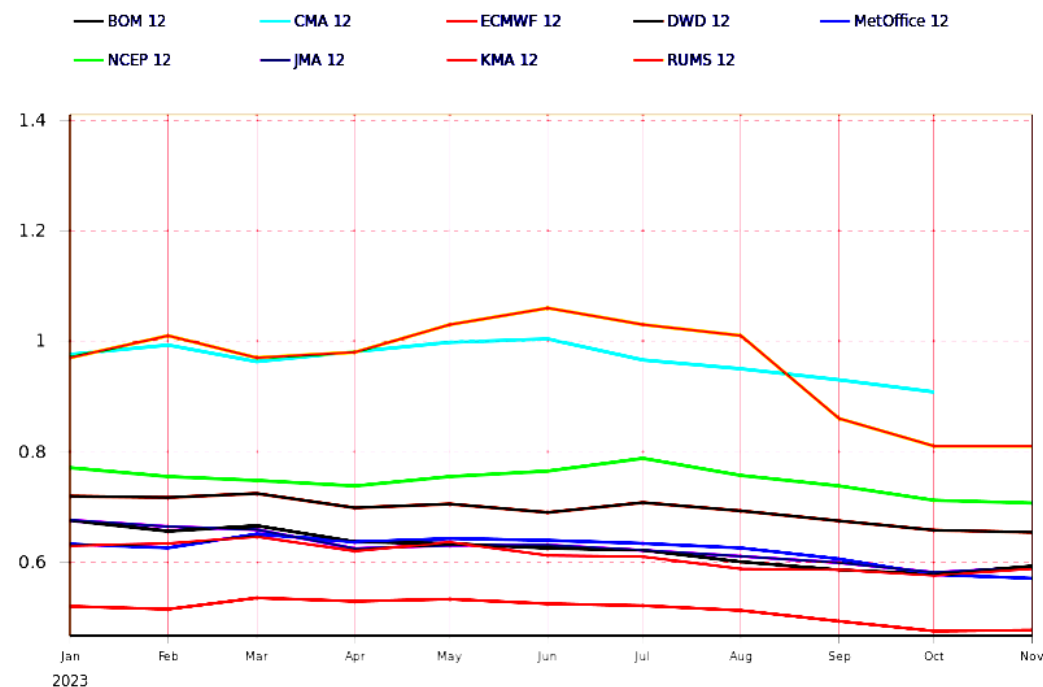
Совместно с Гидрометцентром России разработана новая версия глобальной модели атмосферы ПЛАВ, предназначенная для среднесрочного прогноза погоды. Модель имеет горизонтальное разрешение около 10 км, что соответствует современному мировому уровню. Реализация такой модели потребовала работ по усовершенствованию вычислительных алгоритмов и параллельной реализации модели. По итогам оперативных испытаний в Гидрометцентре России, решением Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам Росгидромета от 29.05.2023, глобальная модель атмосферы ПЛАВ10 рекомендована к внедрению и с сентября 2023 года внедрена в оперативную эксплуатацию (**ИВМ РАН**).

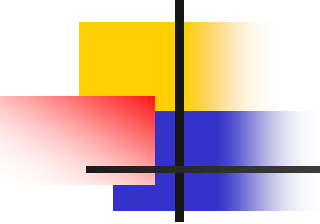
Среднеквадратическая ошибка прогноза температуры на 24 часа в различных мировых центрах: Модель ПЛАВ – оранжевая кривая, ПЛАВ10 – с сентября 2023

поверхность 850 гПа
в тропиках



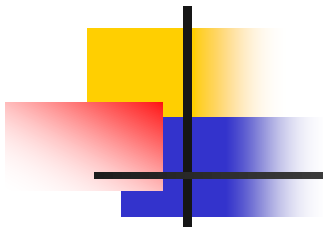
поверхность 250 гПа
в регионе 20°-90° с. ш.





Оптимальные алгоритмы решения задач децентрализованной оптимизации на меняющихся со временем графах

Разработаны оптимальные алгоритмы для решения различных классов задач децентрализованной оптимизации на меняющихся со временем графах, в том числе для класса гладких выпуклых задач, а также доказан сам факт оптимальности. Оптимальность имеет место одновременно по двум критериям – число коммуникаций и число вычислений градиентов на каждом узле. Это нетипично для многокритериальных постановок задач, раньше достичь оптимальности по обоим критериям не удавалось. Также получены нижние оценки для случая медленно меняющихся графов, который наиболее часто возникает на практике (ИСП РАН).



Ранее

Алгоритмы только для постоянных графов,
не подверженных атакам

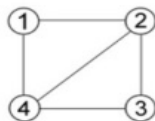
Плохие оценки для меняющихся графов

$$\min_{x \in Q \subseteq \mathbb{R}^n} f(x) := \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m f_k(x).$$

$$\min_{\substack{x_1 = \dots = x_m, \\ x_1, \dots, x_m \in Q \subseteq \mathbb{R}^n}} F(\mathbf{x}) := \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m f_k(x_k)$$

$$\min_{\substack{W\mathbf{x} = 0, \\ x_1, \dots, x_m \in Q \subseteq \mathbb{R}^n}} F(\mathbf{x}) := \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m f_k(x_k)$$

$$W = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & -1 \\ -1 & 3 & -1 & -1 \\ 0 & -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 3 \end{bmatrix}$$



Сейчас

Алгоритмы для меняющихся графов,
подверженных атакам

Оптимальные оценки для меняющихся графов



$$\chi = \sup_{k \geq 0} \frac{\lambda_{\max}(\mathbf{L}(\mathcal{G}^k))}{\lambda_{\min}^+(\mathbf{L}(\mathcal{G}^k))}.$$

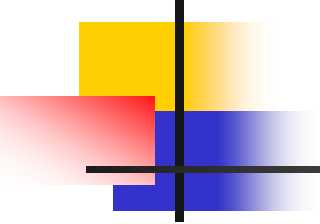
$\chi \longleftarrow \longrightarrow \sqrt{\chi}$

Time-varying Число коммуникаций Fixed

$$\tilde{O} \left(\max_k \frac{\lambda_{\max}(W^k)}{\lambda_{\min}^+(W^k)} \sqrt{\frac{L_F}{\mu_x}} \right) - \text{число умножений } W^k \text{ на вектор}$$

слева или справа, то есть, число коммуникаций

$$\tilde{O} \left(\sqrt{\frac{L_F}{\mu_x}} \right) - \text{число вычислений } \nabla F(x)$$



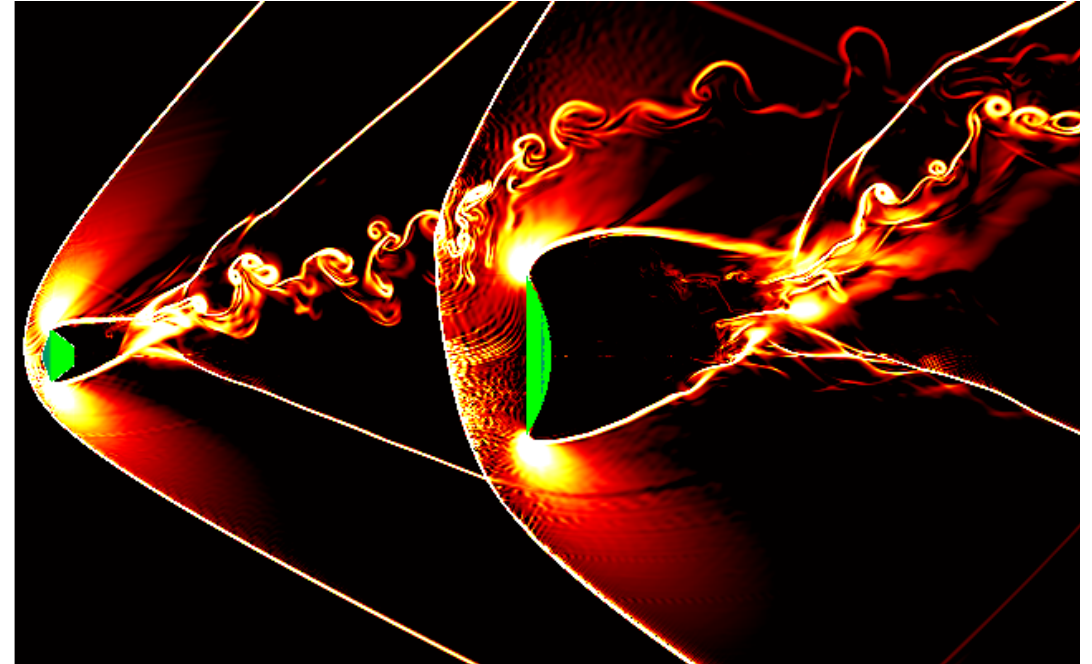
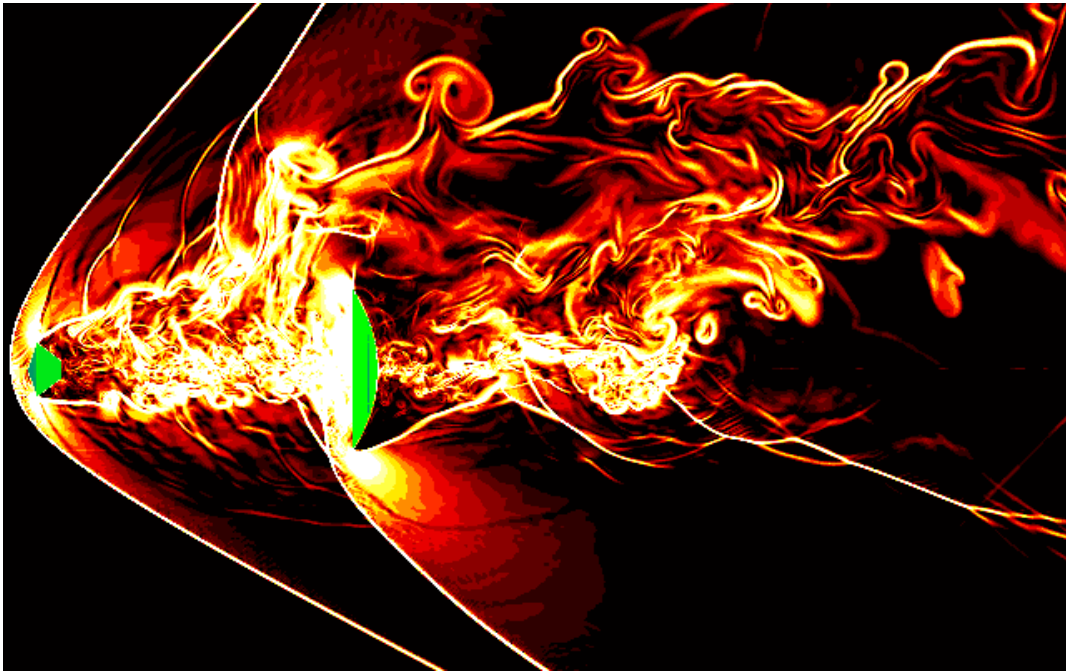
Численное моделирование структуры потока около спускаемого аппарата и находящегося в его следе парашюта при сверхзвуковых скоростях

На основе консервативных численных методик осуществлено моделирование и анализ нестационарной вихревой структуры течения, возникающего между спускаемым в атмосфере аппаратом и тормозным парашютом при сверхзвуковых скоростях движения. Численные расчеты проведены для условий марсианской атмосферы при различных расстояниях между спускаемым аппаратом и парашютом для чисел Маха набегающего потока $M_\infty=1,5$ и $M_\infty=1,8$ при различных углах атаки аппарата.

Анализ проведенных параметрических расчетов для различных углов атаки спускаемого аппарата, а также при несоосной ориентации аппарата и парашюта указывает на существенное влияние расстояния между спускаемым аппаратом и парашютом как на устойчивость в потоке всей системы спускаемый аппарат-парашют, так и на эффективность торможения парашютной системы.

Моделирование осуществлено на основе параллельных алгоритмов и реализовано на вычислительных ресурсах Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН (**ИАП РАН**).

Картини течения при различных расстояниях между
спускаемым аппаратом и тормозным парашютом
при угле атаки аппарата $\alpha = 10^\circ$ ($M_\infty = 1,5$)





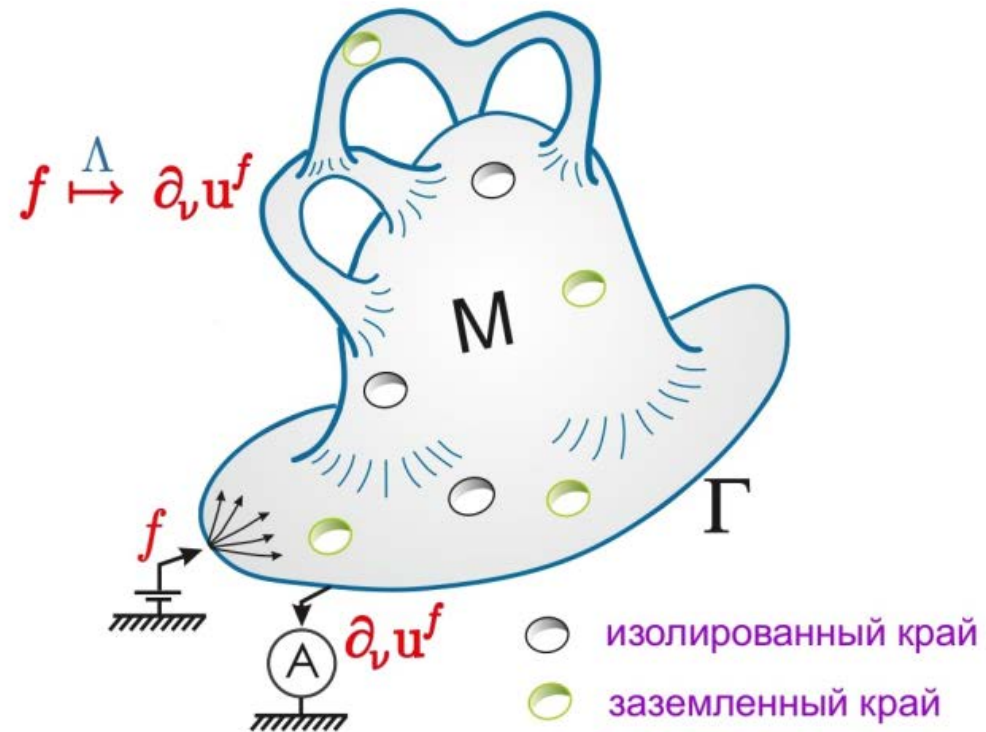
Электро-импедансная томография поверхностей

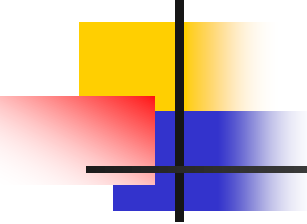
Двумерная задача электро-импедансной томографии состоит в определении токопроводящей оболочки (ее формы, метрики, возможных отверстий) по измерениям на ее краю. Приложения, в которых актуальны задачи такого типа суть медицинская томография, дефектоскопия, акустика, геофизика и др.

Решена задача в математической постановке, когда требуется восстановить двумерное риманово многообразие (M, g) с краем Γ (определить топологию, метрику, наличие лакун и др.) по заданному на Γ оператору $\Lambda: f \rightarrow \partial_\nu u^f|_\Gamma$, где $u = u^f(x)$ удовлетворяет уравнению Лапласа $\Delta_g u = 0$ в M , а $\partial_\nu u^f|_\Gamma$ – производная по нормали. В уточненной постановке, учитывающей специфику задачи, надо найти многообразие (M', g') с краем $\Gamma' = \Gamma$, такое, что выполнено $\Lambda' = \Lambda$.

Предложен алгоритм решения. Показана устойчивость алгоритма: близким Λ и Λ' отвечают близкие (M, g) и (M', g') . Дана характеристика данных задачи (**ПОМИРАН**).

Двумерная задача электро-импедансной томографии





Евклидов объем конического многообразия над гиперболическим узлом является алгебраическим числом

Гиперболическая структура на трехмерном коническом многообразии с узлом в качестве сингулярного множества как правило может быть деформирована в предельную евклидову структуру. Показано, что соответствующий нормированный евклидов объем многообразия всегда является алгебраическим числом, то есть корнем некоторого многочлена с целочисленными коэффициентами. Этот результат служит обобщением (для конических многообразий) известной теоремы Сабитова об объемах евклидовых многогранников, давшей ответ на проблему кузнечных мехов.

Установленный факт выделяется на фоне гиперболических объемов, теоретико-числовая природа которых обычно весьма сложна. Также предложен алгоритм, позволяющий явно вычислить минимальный многочлен для нормированного евклидова объема (ИМ СО РАН).



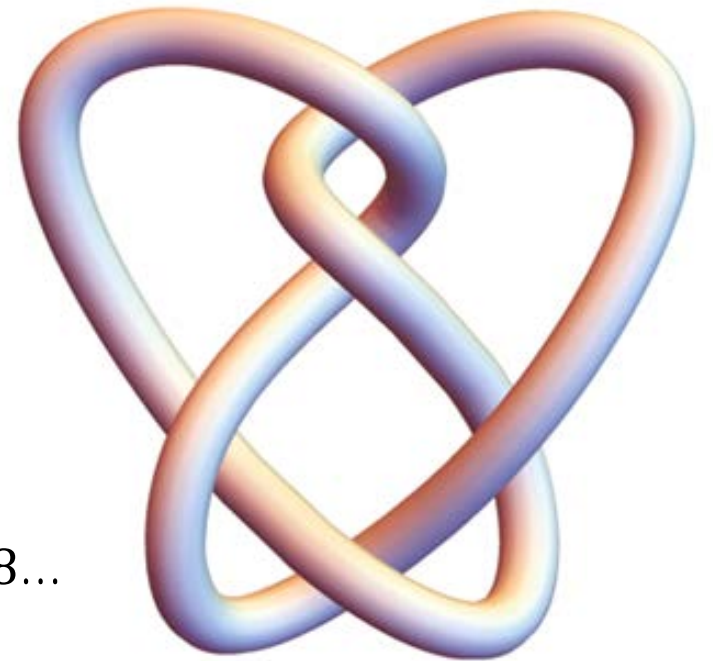
Пример: Коническое многообразие над узлом 5_2

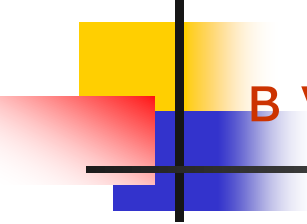
Нормированный евклидов объем равен

$$1 / \left(6 \sqrt{-6 + 68\sqrt{2} + 4\sqrt{983 + 946\sqrt{2}}} \right) = 0.009909630999945638...$$

Минимальный многочлен имеет вид

$$1 + 864 x^2 - 64457856 x^4 - 412091172864 x^6 - 785065068490752 x^8$$

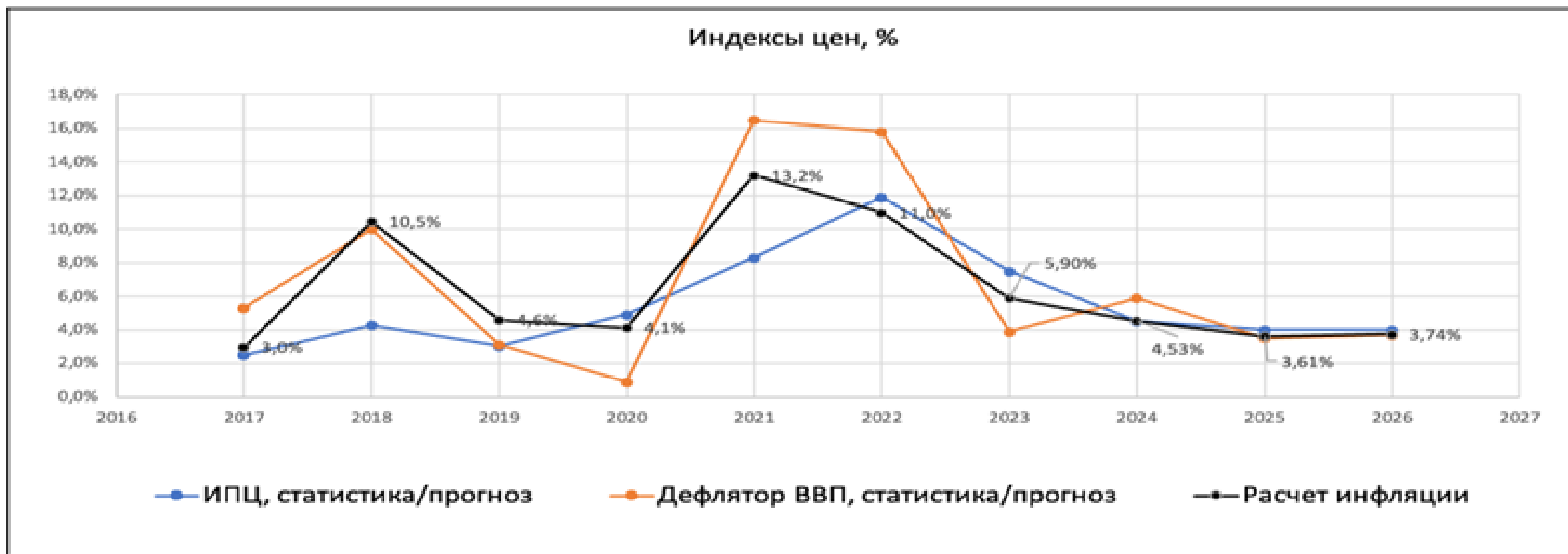




Развитие методики нелинейного межотраслевого баланса и ее приложение к сценарному анализу экономических рисков в условиях реструктуризации экономики и ресурсных ограничений

Разработана модификация технологии межотраслевого баланса, учитывающая замещение производственных факторов. Основой технологии является вычисление конкурентного равновесия в сети межотраслевых поставок и цен в заданных сценарных условиях развития экономики на основе решения пары взаимно двойственных оптимизационных задач: задачи распределения ресурсов и специального вида двойственной (по Янгу) задачи формирования цен. Разработана методика идентификации и калибровки модели на основе официальных данных системы национальных счетов. Расчет темпа инфляции в экономике РФ в сценарных условиях, соответствующих официальной статистике 2017-2022г. и прогнозу Министерства экономического развития от 28.09.2023г. подтверждает адекватность модельных оценок (ФИЦ «Информатика и управление» РАН).

Расчет темпа инфляции в модели





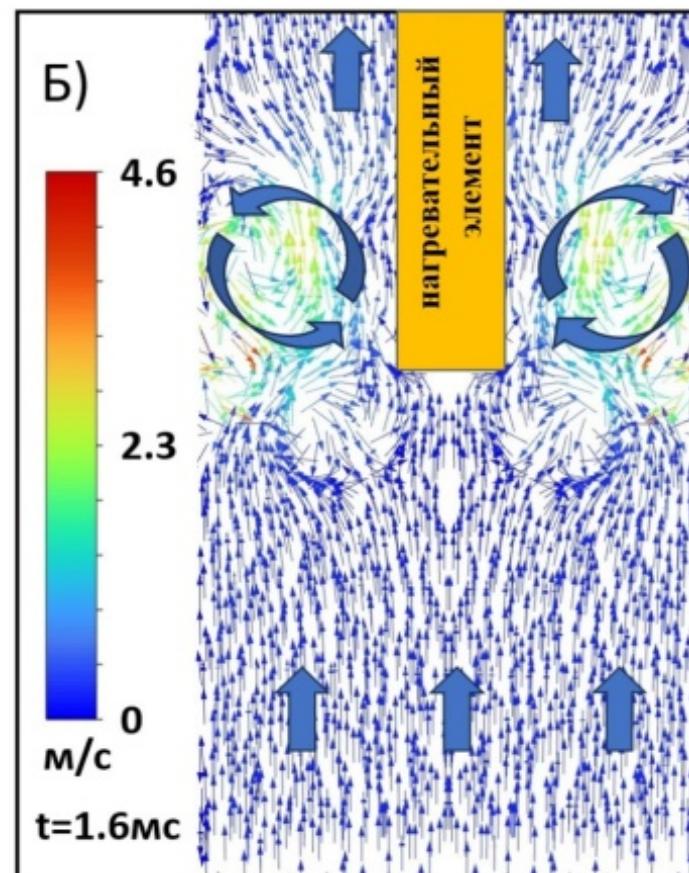
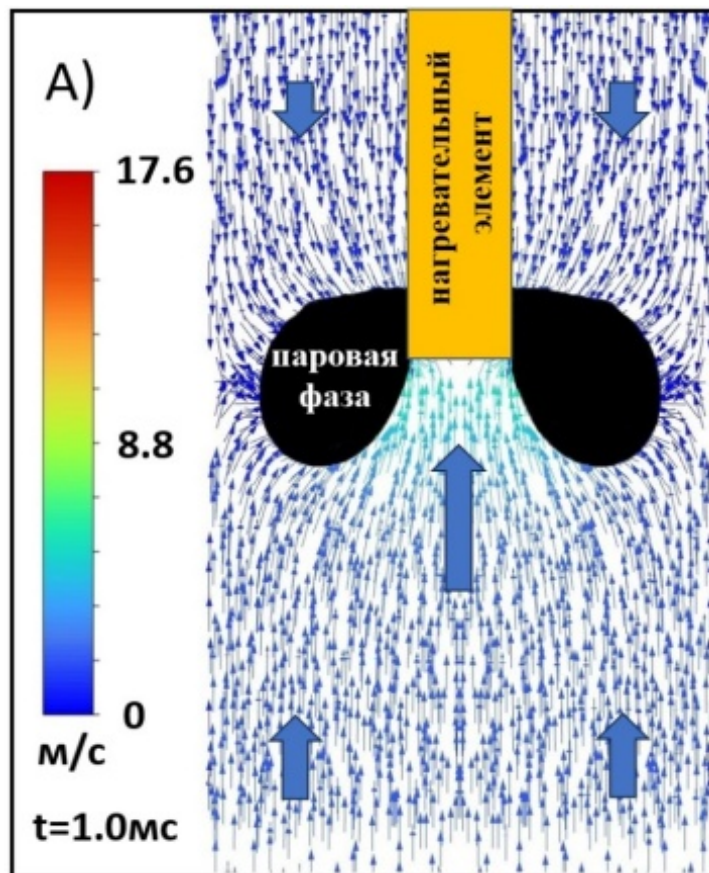
Предсказание, обнаружение и применение эффекта инверсионного движения жидкости при лазерном нагреве

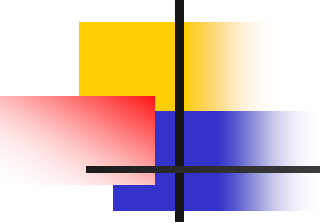
На основе численного моделирования динамики двухфазной сплошной среды при лазерном нагреве жидкости внутри цилиндрической полости предсказан эффект инверсионного движения жидкости в окрестности лазерного нагревательного элемента. Обнаружено, что процесс рождения и коллапса кавитационных паровых пузырьков формирует тепловые струи, являющиеся причиной образования тороидальной вихревой структуры, которая приводит к всасыванию жидкости через торец цилиндра. Данный эффект был использован для лазерного хирургического лечения гнойных и хронических ран (ИПМ ДВО РАН).

Механизм всасывания жидкости через торец цилиндра:

А) Схлопывание парового пузырька и начало инверсионного движения жидкости

Б) Формирование тороидального вихря

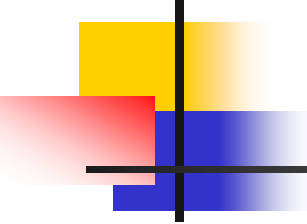




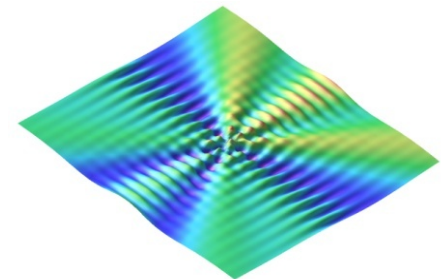
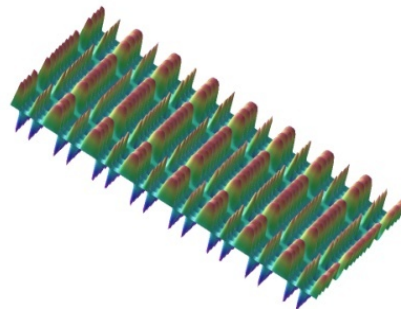
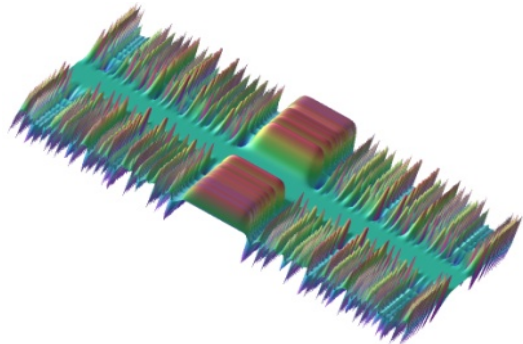
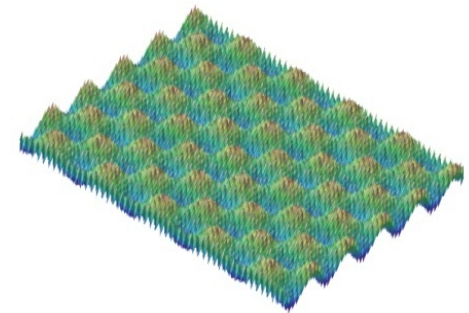
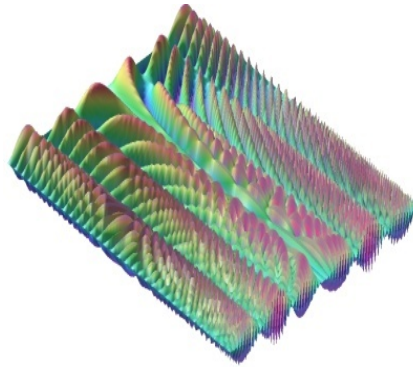
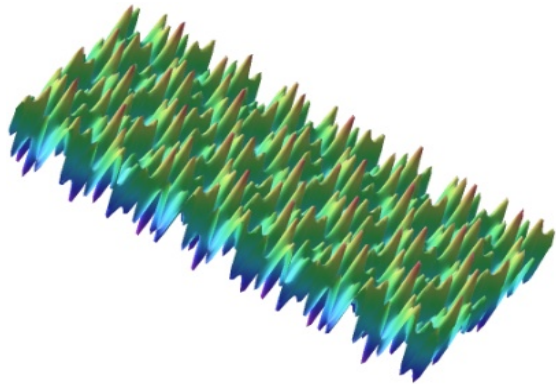
Усреднение эллиптических операторов второго порядка с произвольным нерегулярным возмущением младших членов

Для матричного эллиптического дифференциального оператора второго порядка в многомерной области с классическим граничным условием, возмущенного дифференциальным оператором первого порядка, произвольно зависящим от малого многомерного параметра, изучено существование предельного (усредненного) оператора в смысле сходимости резольвенты по норме. Показано, что такая сходимость эквивалентна сходимости коэффициентов возмущающего оператора в некотором пространстве мультипликаторов, и получен критерий второй сходимости в терминах локальных средних значений на малых участках.

С физической точки зрения эта задача соответствует описанию макроскопического поведения различных физических моделей с малыми возмущениями произвольной микроструктуры. Один из примеров – описание на макроскопических масштабах динамики быстро и непериодически осциллирующих электромагнитных полей (ИМсВЦ УНЦ РАН).



Возможные осцилляции электрического потенциала для плоских областей





Математические центры

Работают 4 Математических центра мирового уровня и 11 Научно-образовательных математических центров в регионах.

В октябре 2023 г. состоялась Третья конференция Математических центров России в Майкопе (АГУ), собравшая более 300 участников. <https://mc-conf.adygnet.ru/>

В 2024 г. запланировано проведение очередной конференции в Санкт-Петербурге. <https://mc4-conf.ru/>



Программа фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021-2030 годы)

Утверждена распоряжением Правительства РФ от 31 декабря 2020 года № 3684-р.

Координатор Программы – Российская академия наук.

Направление науки: 1.1. Математические науки

- Теоретическая математика
- Вычислительная математика
- Математическое моделирование
- Высокопроизводительные вычисления
- Искусственный интеллект
- Теоретическая информатика и дискретная математика
- Системное программирование
- Информационно-вычислительные системы
и среды в науке и образовании



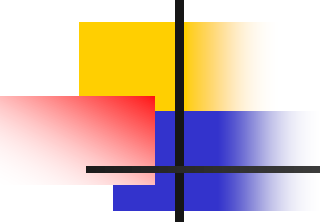
Секция математических наук Координационного совета ПФНИ РФ

Проведена работа по обновлению структуры плана фундаментальных исследований:

- Новый План фундаментальных исследований в области математических наук состоит из двух разделов, которые соответствуют секциям отделения.
- За секцией математических наук закреплён ряд новых направлений, в том числе математические вопросы искусственного интеллекта и квантовых технологий.

Проведена работа по обновлению Детализированного плана:

- Содержание Детализированного плана было приведено в соответствие с новой структурой, а кроме того, доработано по результатам анализа реального состояния исследований в научных организациях и вузах и тенденций развития науки в мире.



Структура плана фундаментальных исследований в области математических наук

Направление науки: 1.1. Математика

- 1.1.1. Теоретическая математика
- 1.1.2. Математическая физика
- 1.1.3. Дискретная математика и теория вычислимости

Направление науки: 1.2. Прикладная математика и информатика

- 1.2.1. Вычислительная математика и кибернетика
- 1.2.2. Математическое моделирование
- 1.2.3. Высокопроизводительные вычисления
- 1.2.4. Искусственный интеллект
- 1.2.5. Системное программирование
- 1.2.6. Теория информации и информационно-вычислительные системы в науке и образовании
- 1.2.7. Теоретические вопросы квантовой информатики

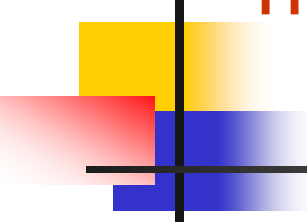


Экспертная деятельность ОМН РАН

Проведена экспертиза:

- отчетов об исполнении тем НИР (113 объектов экспертизы);
- проектов НИР (144 объекта экспертизы);
- 73 иных объектов.

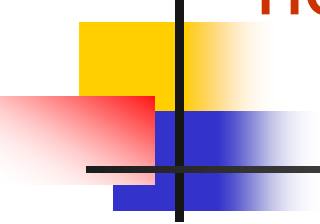
Для сравнения: в 2022 г. – 228 объектов экспертизы.



Перечень поручений Президента РФ по итогам мероприятия, посвященного 300-летию Российской академии наук

1. Правительству Российской Федерации:

- а) принять организационные, финансовые и правовые меры, обеспечивающие осуществление федеральным государственным бюджетным учреждением «Российская академия наук» общего руководства деятельностью Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России.
- б) представить предложения об определении механизмов, этапов и сроков закрепления координирующей роли федерального государственного бюджетного учреждения «Российская академия наук» в развитии системы государственной научной аттестации.
- в) при формировании федерального бюджета на очередной финансовый год и на плановый период предусмотреть начиная с 2025 года дополнительные бюджетные ассигнования на осуществление ежемесячных денежных выплат членам Российской академии наук:
 - академикам – в размере 200 тыс. рублей;
 - членам-корреспондентам – в размере 100 тыс. рублей.



Перечень поручений Президента РФ по итогам мероприятия, посвященного 300-летию Российской академии наук

2. Правительству Российской Федерации совместно с федеральным государственным бюджетным учреждением «Российская академия наук»:

а) представить предложения об определении статуса академических научных институтов как организаций, которые находились в ведении Федерального агентства научных организаций и научно-методическое руководство деятельностью которых независимо от их ведомственной принадлежности осуществляется федеральным государственным бюджетным учреждением «Российская академия наук», в том числе об участии названного учреждения в определении основных направлений научной и научно-технической деятельности академических научных институтов;...

б) представить предложения о включении в структуру федерального государственного бюджетного учреждения «Российская академия наук» федеральных государственных бюджетных учреждений «Российский центр научной информации» и «Издательство «Наука» в целях развития редакционно-издательской деятельности, популяризации результатов исследований российских ученых и обеспечения доступа к научной информации.



Издательская деятельность

В феврале 2024 г. вышло Распоряжение Правительства РФ № 281-р об определении единственного исполнителя осуществляемых в РАН в 2024-2025 гг. закупок услуг по изданию научных журналов и книг.

Научные журналы РАН, более 140 наименований, с 2024 года будут выпускаться издательством «Наука», в том числе:

- Дифференциальные уравнения
- Доклады Российской академии наук. Математика, информатика, процессы управления
- Журнал вычислительной математики и математической физики
- Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа
- Известия Российской академии наук. Механика твердого тела
- Прикладная математика и механика
- Проблемы передачи информации
- Программирование



Популяризация науки

В 2023 году члены отделения провели более 40 открытых (публичных) лекций и иных мероприятий, направленных на популяризацию и пропаганду науки.

В 2023 году вышло 12 номеров научно-популярного физико-математического журнала «Квант» kvant.ras.ru



Государственные награды Российской Федерации

- **Звание Герой Труда Российской Федерации** присвоено академику РАН Осипову Юрию Сергеевичу.
- **Орденом «За заслуги перед Отечеством» I степени** награжден академик РАН Козлов Валерий Васильевич.

Орденом Александра Невского награждены:

- академик РАН Савин Геннадий Иванович,
- академик РАН Семенов Алексей Львович.



Государственные награды Российской Федерации

Орденом Дружбы награждены:

- академик РАН Кашин Борис Сергеевич,
- академик РАН Орлов Дмитрий Олегович,
- академик РАН Тайманов Искандер Асанович,
- член-корреспондент РАН Аптекарев Александр Иванович,
- член-корреспондент РАН Безродных Сергей Игоревич,
- член-корреспондент РАН Воеводин Владимир Валентинович.
- **Орденом Почета** награжден
член-корреспондент РАН Мазуров Владимир Данилович.



Награды Российской академии наук

- **Премия имени Н. И. Лобачевского РАН**

присуждена доктору физ.-мат. наук Шокурову Вячеславу Владимировичу (МИАН) за цикл работ «Бирациональная геометрия перестроек».

- **Премия имени С. В. Ковалевской РАН**

присуждена академику РАН Горячевой Ирине Георгиевне за цикл работ «Механико-математические модели фрикционного взаимодействия».

- **Премия имени А. Н. Колмогорова РАН**

присуждена доктору физ.-мат. наук Верещагину Николаю Константиновичу (МГУ) за цикл работ «Колмогоровская сложность и ее применения в статистике, логике и защите информации».

В 2025 году система наград Российской академии наук претерпит изменения.



Научное признание

- **Настольная медаль «Шувалов» Российской академии художеств** вручена академику РАН Козлову Валерию Васильевичу.
- **Научная премия Сбера** в номинации «Цифровая вселенная» присуждена академику РАН Тыртышникову Евгению Евгеньевичу за создание новых матричных и тензорных методов моделирования и сжатия данных для решения сверхбольших задач высокой размерности, что открывает широкие возможности ускорения вычислений в естественных науках, машинном обучении и других областях.



1 декабря – День математика



ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РАСПОРЯЖЕНИЕ

от 3 мая 2024 г. № 1086-р

МОСКВА

Минпросвещения России принять в 2-месячный срок нормативный правовой акт об установлении профессионального праздника - Дня математика.

Председатель Правительства
Российской Федерации

М.Мишустин