

СИГНАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

01. АКУСТИКА

ОТДЕЛЬНЫЙ ВЫПУСК

Главный редактор
акад. О.В. Руденко, Физический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова

Рубрикация:
Д.Л. Расторгуев, Акустический институт им. Н.Н. Андреева

Издается с 2013 г.

№ 02

Выходит 6 раз в год

Москва 2024

Конгрессы, конференции, семинары, симпозиумы, советы, совещания

24.02-01.1 Конференция “Физика нейтронных звезд-2023”. *Потехин А.Ю., Штерн П.С., Яковлев Д.Г. Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 10, с. 625. Рус. DOI: 10.31857/S032001082310008X.

Библиография

24.02-01.2К Рекомендации по проектированию концертных залов. М.: Москомархитектура. 2004, 110 с.

24.02-01.3К Концертные залы. Архитектурно-конструктивные особенности: учеб. пособие. *Агеева Е.Ю.* Нижний Новгород: ННГАСУ. 2017, 156 с.

24.02-01.4К Акустика высоких частот и больших чисел Маха. 3-е изд., перераб. и доп. *Шленский О.Ф., Антонов С.И., Хищенко К.В.* М.: Инновационное машиностроение. 2020, 124 с. ISBN 978-5-907104-41-9

Предложена принципиально новая модель распространения звука и ударных волн в газе впервые с учетом массовых сил, анизотропных свойств газа, приобретаемой при нагружении генератором, и релаксационных процессов перехода к равновесному состоянию. Первое издание вышло в 2019 г. В настоящее издание внесены коррективы и дополнения в теорию звуковых волн для повышения качества проектирования акустических объектов, устройств и инструментов, точности моделирования гиперзвуковых и детонационных процессов.

24.02-01.5К Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября 2020 г. СПб.: б.н. 2020

В сборнике трудов представлены статьи о достижениях отечественных и зарубежных ученых в области гидрофизики и гидроакустики. Особое внимание уделено результатам фундаментальных исследований и их внедрению при решении прикладных проблем, в том числе при разработке технологий мониторинга Мирового океана с целью исследования и освоения его ресурсов, предупреждения природных катастроф и чрезвычайных ситуаций, при изучении рельефа прибрежных акваторий и экономических зон, при обосновании методов и средств борьбы с подводным терроризмом и минной опасностью, при разработке датчиков и систем контроля и управления технологическими процессами.

24.02-01.6К Диссипативные оптические и родственные солитоны. *Розанов Н.Н.* М.: Физматлит. 2021, 640 с. ISBN 978-5-9221-1892-7

Систематически изложена теория диссипативных оптических и родственных солитонов — структур излучения в нелинейной среде или схеме, которые локализованы вследствие баланса притока и оттока энергии. Такие солитоны радикально отличаются по свойствам и от консервативных солитонов в системах с пренебрежимо слабой диссипацией и обладают повышенной устойчивостью, что указывает на их потенциал в приложениях. Хотя основное внимание уделяется оптическому диапазону спектра излучения, в ряде схем оно может быть также микроволновым или же заменяться другими источниками возбуждения среды. Для одномерных, двумерных и трехмерных солитонов выявляются их внутренняя структура, определяемая потоками энергии, топология этих потоков, симметрия и ее связь с движением солитонов и их комплексов. Значительное внимание уделено диссипативным солитонам предельно короткой длительности, для анализа которых необходимо обращение в строгим уравнениям Максвелла, а также проявлениям квантовых флуктуаций. Представлен обзор результатов экспериментов в этих областях. Приводятся ссылки на набор анимаций, иллюстрирующих нелинейную динамику процессов, описываемых в основном тексте.

24.02-01.7К Акустика и термодинамика неравновесных состояний. 2-е изд., доп. и испр. *Шленский О.Ф., Антонов С.И., Хищенко К.В.* М.: Инновационное машиностроение. 2022, 128 с. ISBN : 978-5-907523-05-0

Предложена новая модель распространения звука высоких частот и ударных волн впервые с учетом массовых сил, анизотропии свойств газа, приобретаемой при возбуждении генератором, и релаксационных процессов перехода к равновесному состоянию. В настоящее издание внесены коррективы и дополнения в теорию звуковых волн для повышения качества проектирования акустических объектов, устройств и инструментов, точности моделирования гиперзвуковых и детонационных процессов.

24.02-01.8К Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.: ИПА. 2023. ISBN 978-5-93197-087-5

Специальный выпуск сборника «Труды Института приклад-

ной астрономии РАН» содержит материалы двух конференций, организованных Институтом прикладной астрономии РАН в Санкт-Петербурге: Всероссийской радиоастрономической конференции «Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии» (ВРК-2022), прошедшей с 19 по 23 сентября 2022 г., и Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2021), прошедшей с 15 по 19 апреля 2021 г. Представленные в сборнике статьи посвящены современному состоянию радиотелескопов России и направлениям их развития, отечественным и зарубежным проектам новых инструментов, антеннам и антенно-фидерным устройствам, аппаратуре и методам достижения высокой чувствительности, цифровым и информационным технологиям в радиоастрономии, а также защите от помех. Материалы охватывают широкий круг теоретических, методических и организационно-правовых вопросов в области фундаментального и прикладного КВНО. Особое внимание уделено вопросам поддержания, развития и использования системы ГЛОНАСС; установления и поддержания систем отсчета; мониторинга параметров вращения Земли; хранения и синхронизации шкал времени; определения параметров гравитационного поля Земли и др. Подробно рассмотрены современные высокоточные технические средства и методы КВНО: радиointерферометрические комплексы со сверхдлинными базами, системы лазерной локации ИСЗ и Луны, глобальные навигационные спутниковые системы, стандарты времени и частоты, геоинформационные системы и др., а также способы их объединения — колокации. В сборник также вошли результаты последних научных исследований, выполненных в Институте прикладной астрономии РАН.

24.02-01.9К Труды Института прикладной астрономии РАН № 65. СПб.: ИПА. 2023. ISBN 978-5-93197-086-8

24.02-01.10К Концертные залы. Савченко М.Р. М.: Стройиздат. 1975, 152 с.

24.02-01.11 Рецензия на книгу О.Ф. Шленского, С.И. Антонова, К.В. Хищенко «Акустика высоких частот и больших чисел Маха». Аносов А.А. Теплофизика высоких температур. 2022. 60, № 2, с. 319-320. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0040364422020168> Книга О.Ф. Шленского, С.И. Антонова, К.В. Хищенко «Акустика высоких частот и больших чисел Маха» содержит предисловие, заключение, 20 глав и 15 приложений. В предисловии указана основная задача книги: «моделирование звуковых волн без упрощений и допущений, некоторые из которых [авторы] сочли ошибочными». Авторы пишут, что в книге «приведены принципиально новые доказательства невозможности моделирования бегущей звуковой волны однородным дифференциальным уравнением второго порядка». Авторы считают, что «развитие техники гиперзвуковых полетов, изучение термоядерной детонации, лазерных технологий поставило перед акустикой проблему моделирования бегущих волн с [огромными] скоростями и энергиями». Особое внимание авторы уделяют «эффекту повышения жесткости и анизотропии воздуха, возникающих при сверх- и гиперзвуковых полетах летательных аппаратов». Отдельные главы посвящены способам описания бегущей и стоячей звуковых волн, различным источникам звука (мембрана, растроб патефона, духовые музыкальные инструменты, голоса певцов, движение крыльев насекомых, возбуждение звука воздушным потоком и т.п.). Рассмотрены вопросы анизотропии плотности газа, ударные волны, представлено моделирование термоядерных детонационных волн. В заключение сформулированы основные результаты работы. От книги сложилось двоякое впечатление. Во-первых, утверждение авторов о невозможности моделирования бегущей звуковой волны однородным дифференциальным уравнением второго порядка ни в коей мере не доказано. Авторы не сочли необходимым компактно представить свои претензии к описанию бегущей звуковой волны однородным дифференциальным уравнением второго порядка, но разбросали их по всей книге. Несколько примеров. На с. 8 сказано, что вывод дифференциальных уравнений для скорости частиц и звукового давления сделан при допущении постоянства плотности среды, «что лишает уравнения физического смысла». Пренебрежение «отличием фактической плотности от невозможного значения плотности» действительно исполь-

зуется при линеаризации уравнений движения частиц среды (Исакович М.А. Общая акустика: учеб. пособие. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. С. 37). При этом в (Исакович М.А. Общая акустика: учеб. пособие. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. С. 65) обсуждаются границы применения подобного упрощения. Как мне представляется, при любых допущениях критерием правомерности модельного представления является его соответствие экспериментальным результатам. Такого сравнения, когда авторы указывают, в каких случаях использование в волновом уравнении плотности невозмущенной среды становится недопустимым, в книге нет. Авторы указывают на отсутствие физического смысла, но этот критерий непонятен и, на мой взгляд, субъективен. Например, при описании геометрической оптики практически не используется понятие длины волны — это лишает данный раздел оптики физического смысла? Другой пример: в электрокардиографии, моделируя работу сердца электрическим диполем, В. Эйнтховен (получивший за свои исследования Нобелевскую премию по медицине) предположил, что организм человека является однородной токопроводящей средой, что очевидно не так. Что же, электрокардиография лишена физического смысла? Еще один пример: закон Рэлея—Джинса, описывающий тепловое излучение, выведенный исходя из равномерного распределения энергии по степеням свободы, согласуется с экспериментальными данными в низкочастотной части спектра и приводит к абсурдному результату на высоких частотах. Этот закон тоже лишен физического смысла и с его помощью нельзя моделировать тепловое излучение на низких частотах? На с. 19 сказано, что «волновые уравнения без учета импульса силы, получаемого от генератора звука, ... не описывают бегущей звуковой волны». В волновых уравнениях генератор обычно представляется как граничное условие. Что же имели в виду авторы: что при нулевых начальных и граничных условиях волны не будет? Это очевидно. Что использование для задания генератора граничных условий не создаст бегущей волны? Понятно, что это не так. На с. 116 приведено решение однородного волнового уравнения при нулевых начальных условиях и граничном условии, заданном в виде гармонической функции. Авторы обращают внимание на то, что интегральный за период импульс равен нулю, и делают вывод о том, что «энергия волны нулевая ... она волна является не звуковой (т.е. не бегущей — прим. рец.), а стоячей волной без транспорта энергии звука». Воспользуюсь материалами учебного пособия (Исакович М.А. Общая акустика: учеб. пособие. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. С. 7), где рассмотрен аналогичный пример, описывающий продольную акустическую волну, генерируемую поршнем: «если ... поршень вернулся в исходное положение, то суммарный импульс равен нулю». При этом из равенства нулю импульса за период никак не следует невозможность существования бегущей волны и «транспорта энергии». Авторы, описывая использование однородных волновых уравнений в акустике, приводят сравнения с героем книги Р.Э. Распе «Приключения барона Мюнхгаузена» (например, с. 39). Для меня подобная аргументация говорит о слабости доказательной базы авторов. У меня нет оснований сомневаться в компетенции уважаемых авторов. Представляется, что авторы стали жертвами ситуации, описанной во введении учебного пособия (Исакович М.А. Общая акустика: учеб. пособие. М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1973. С. 7), автор которого указывал, что его учебное пособие «способствует созданию «акустической интуиции», ... далеко не совпадающей, а зачастую даже противоречащей «механической интуиции», укоренившейся в нас ... в результате изучения механики материальных тел». Таким образом, утверждение авторов о невозможности моделирования бегущей звуковой волны однородным дифференциальным уравнением второго порядка не представляет научного интереса. Отмечу положительные моменты в книге. На с. 32 авторы вводят источник непосредственного в волновое уравнение. Мне представляется, что данный подход можно использовать для описания теплового акустического излучения, причиной которого является хаотическое тепловое движение атомов среды (Varabanenkov Y.N., Passechnik V.I. Fluctuation Theory of Thermal Acoustic Radiation // The Journal of the Acoustical Society of America. 1966. V. 99(1). P. 65). Тогда мощность источника должна определяться температурой среды. Также подобный подход может быть эффектив-

вен для описания распространения акустических солитонов по нервному волокну. Общепринятая точка зрения описывает передачу информации по нервному волокну как распространение электрического импульса, однако в настоящее время проводятся исследования, в которых рассматривается возможность передачи информации с помощью акустических волн (Heimburg T., Jackson A.D. On Soliton Propagation in Biomembranes and

Nerves // Proc. National Academy of Sciences. 2005. V. 102(28). P. 9790). Повторюсь, в книге рассмотрены вопросы анизотропии плотности газа, ударные волны, представлено моделирование термоядерных детонационных волн. Не являясь специалистом в данных вопросах, я не могу качественно отрецензировать эти разделы книги.

Персоналии

24.02-01.12 Памяти главного редактора журнала «Теплофизика высоких температур» академика В.Е. Фортова. *Теплофизика высоких температур*. 2020. 58, № 6, с. 833-835. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S004036442035001X>.

24.02-01.13 Выпуск, посвященный памяти академика В.Е. Фортова. *Петров О.Ф., Иосилевский И.Л., Минцев В.Б. Теплофизика высоких температур*. 2021. 59, № 6, с. 803-804. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0040364421060181>.

24.02-01.14 Предисловие. *Назаров А.И., Петров Ф.В., Суслина Т.А. Алгебра и анализ*. 2024. 363, № 1, с. 3-6. Рус.

28 января (8 февраля по новому стилю) 1724 года именным Указом Петра Великого была учреждена Академия наук, в которой бы учились языкам, также прочим наукам и знатным художествам, и переводили б книги — предшественница Российской академии наук. Тем же указом был основан Университет — предшественник Санкт-Петербургского университета — и Гимназия. Спустя триста лет стоит вспомнить, как Пётр описывал разницу между академической и университетской формами научной жизни и как видел их развитие в России: "К расположению художеств и наук употребляются обычайно два образа здания: первой образ называется Университет; второй Академия или социетет художеств и наук. Университет есть собрание учёных людей, которые наукам высоким, яко теологии и юриспруденции (прав искусству), медицины и философии, сиречь до какого состояния оные ныне дошли, молодых людей обучают; Академия же есть собрание учёных и искусных людей, которые не токмо сии науки в своём роде в том градусе, в котором оные обретаются, знают, но и чрез новые инвенты (издания) оные совершить и умножить тщатся, а об обучении прочих никакого попечения не имеют. Хотя Академия из тех же наук и тако из тех же членов состоит, из которых и Университет; однако ж де обои сии здания в иных государствах для множества учёных людей, из которых разные собрания сочинить можно, никакого сообщения между собою не имеют, дабы Академия, которая токмо о приведении художеств и наук в лучшее состояние старается, учением в спекуляциях (размышлениях) и разысканиях своих, от чего как профессора в университетах, так и студенты пользу имеют, помешательства не имела, а Университет некоторыми остроумными разысканиями и спекуляциями от обучения не отведён был и тако младые люди оставлены были".

24.02-01.15 Они были первыми (к 50-летию Баксанской нейтринной обсерватории). *Лидванский А.С. Физика элементарных частиц и атомного ядра*. 2018. 49, № 4, с. 868-880. Рус.

Представлен краткий обзор некоторых экспериментов, выполненных на установках Баксанской нейтринной обсерватории за все время ее существования. Основное внимание уделено самым первым экспериментам и тем результатам, которые были наилучшими в мире хотя бы некоторое время (или остаются таковыми до сих пор).

24.02-01.16 Исследования CMB [Cosmic Microwave Background]. *Вернаданов О.В. Физика элементарных частиц и атомного ядра*. 2018. 49, № 4, с. 885-895. Рус.

Кратко рассмотрены основные эксперименты по исследова-

нию Cosmic Microwave Background (CMB) и их результаты за последние 15 лет.

24.02-01.17 Производство и поставка отечественных гидроакустических средств наблюдения и связи в период Великой Отечественной войны. *Попов В.А. Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования*. 2022, № 2, с. 68-79. Рус.

Приведены подробные сведения о гидроакустических средствах (ГАС) подводного наблюдения и звукоподводной связи, устанавливавшихся на надводных кораблях и подводных лодках советского Военно-Морского Флота в годы Великой Отечественной войны (1941—1945 гг.). Вводятся в научный оборот новые данные о производстве и техническом совершенствовании ГАС за период войны. На основе анализа информации из достаточно большого перечня литературных источников дополнены известные сведения о примерах и результатах боевого применения ГАС.

24.02-01.18 Развитие гидроакустического приборостроения. *Шатохин А.В. Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования*. 2022, № 3, с. 30-37. Рус.

Концерн «Океанприбор» более 70 лет занимается разработкой гидроакустических средств для ВМФ России.

24.02-01.19 Борис Николаевич Четверушкин (к 80-летию со дня рождения). *Мат. моделир.* 2024. 36, № 1, с. 158-160. Рус.

26 января 2024 г. исполнилось восемьдесят лет со дня рождения Бориса Николаевича Четверушкина, научного руководителя Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, выдающегося ученого в области прикладной математики, математического моделирования и информатики, педагога и организатора науки, академика РАН, заместителя академика-секретаря Отделения математических наук РАН, члена Президиума РАН.

24.02-01.20 35 лет космической акустооптики. *Доброленский Ю.С., Кораблёв О.И., Трохимовский А.Ю., Беляев Д.А., Калинин Ю.К. Физические основы приборостроения*. 2023. 12, № 2, с. 2-11. Рус.

Приводится обзор применения приборов, использующих акустооптический эффект, в космических исследованиях: в исследованиях Земли из космоса, лунных и межпланетных автоматических миссиях. Дается краткое описание каждого из приборов, принцип его работы и научные задачи. Показаны наиболее характерные области применения акустооптических приборов, прежде всего спектрометров, их плюсы и минусы с точки зрения космического эксперимента.

24.02-01.21 Великий ученый России Андрей Николаевич Колмогоров (к 120-летию со дня рождения). *Ширяев А.Н. Вестник МГУ. Сер. 1: Математика. Механика*. 2023, № 6, с. 4-8. Рус.

Андрей Николаевич Колмогоров занимает уникальное место в современной математике, да и в мировой науке в целом. По широте и разнообразию своих научных занятий он напоминает классиков естествознания прошлых веков. *Н.Н. Боголюбов, Б.В. Гнеденко, С.Л. Соболев, Успехи математических наук. 1983. №4. 11-26.*

Классические проблемы линейной акустики и теории волн

Математическая теория распространения волн

24.02-01.22 Динамика детонационных волн при наклонном падении на границу пузырьковой жидкости. *Гималтдинов И.К., Родионов А.С., Кочанова Е.Ю.* *Теплофизика высоких температур.* 2022. 60, № 3, с. 421-427. Рус.

Исследованы процессы отражения и преломления детонационной волны на границе раздела пузырьковой и "чистой" жидкостей в случае, когда граница раздела расположена под углом к фронту детонационной волны. Показано, что при переходе этой границы происходит отражение детонационной волны с последующим увеличением амплитуды, обусловленным переходом волны в акустически более жесткую среду. Выявлена зависимость максимального значения амплитуды давления от угла наклона границы пузырьковая жидкость—"чистая" жидкость. Определено значение угла наклона, соответствующего максимальному давлению.

24.02-01.23 Вихреобразование в прифронтовой зоне за ударной волной сильного точечного взрыва в неоднородной атмосфере. *Андрущенко В.А., Головешкин В.А., Мурашкин И.В., Холли Н.Н.* *Теплофизика высоких температур.* 2022. 60, № 4, с. 633-636. Рус.

При аналитическом исследовании задачи о сильном точечном взрыве в неоднородной атмосфере доказано, что уже на ранней стадии развития этого процесса в достаточно узком сферическом слое газа, прилегающем изнутри к фронту ударной волны, формируются сложные тороидальные вихревые образования, обнаруженные ранее в ходе численного эксперимента. Причем, как было выявлено, источником этого вихрегенеза стали не схемная вязкость и псевдовязкость, а малые возмущения фронта ударной волны, инициированные слабым (по масштабам размера области взрыва) на начальном этапе проявлением неоднородности атмосферы.

24.02-01.24 Точные решения краевой задачи Навье для бигармонического уравнения со специальной правой частью в бесконечном слое. *Алгазин О.Д., Копанев А.В.* *Вестник Московского гос. обл. ун-та. Серия: Физ.—Мат.* 2023, № 3, с. 6-14. Рус.

Цель: найти точные решения краевой задачи для бигармонического уравнения в бесконечном n -мерном слое с граничными условиями Навье. Процедура и методы. В статье рассмотрена краевая задача для бигармонического уравнения в бесконечном n -мерном слое $x \in \mathbb{R}^n$ с граничными условиями Навье. Эта задача сводится к последовательному решению двух задач Дирихле для уравнения Пуассона, явные решения которых получены авторами ранее с помощью преобразования Фурье обобщенных функций медленного роста. Результаты. Получены точные решения краевой задачи Навье для бигармонического уравнения, правая часть которого является полигармонической функцией по x , в частности полиномом. В этом случае решение также является полигармонической функцией по x , в частности полиномом. Теоретическая и/или практическая значимость заключается в получении точных решений краевой задачи Навье для бигармонического уравнения в бесконечном n -мерном слое.

Рассеяние акустических волн

24.02-01.25 Рассеяние упругим цилиндром с неоднородным покрытием звуковых волн, излучаемых произвольно расположенным линейным источником. *Толоконников Л.А., Ефимов Д.Ю.* *Мат. моделир.* 2024. 36, № 1, с. 71-84. Рус.

Статья посвящена математическому моделированию акустического поля, рассеянного однородным изотропным упругим цилиндром с радиально-неоднородным упругим покрытием. Первичное поле возмущений представляет собой цилиндрическую гармоническую звуковую волну, излучаемую линейным

источником. Полагается, что оси источника и рассеивателя не являются параллельными и не лежат в одной плоскости. Плотность и модули упругости материала покрытия описываются непрерывными функциями радиальной координаты. Представлены результаты расчетов угловых характеристик рассеянного акустического поля в дальней зоне при различном расположении линейного источника.

24.02-01.26 Отображение акустических напряжений в спектрах рассеяния упругой волны. *Беляев Ю.Н.* *Математическое моделирование в естественных науках.* 2023, № 1, с. 52-54. Рус.

Развивается метод определения резонансов акустических напряжений в анизотропном слое по спектрам шестилучевого рассеяния упругой волны. Напряженно-деформируемое состояние, формируемое падающей на слой волной, зависит от упругих характеристик слоя и ограничивающих его сред, амплитуды, частоты и углов падения волны. Достоверность результатов расчетов определяется точностью вычислений матрицы переноса упругих волн в слое. Гарантированная точность определения всех элементов матрицы переноса обеспечивается использованием метода масштабирования в сочетании с методом главных миноров.

Скорость и затухание акустических волн

24.02-01.27 Экспериментальные данные по скорости звука в щелочных металлах при температурах до 800°С. *Трелин Ю.С., Васильев И.Н., Проскурин В.Б., Цыганова Т.А.* *Теплофизика высоких температур.* 1966. 4, № 3, с. 364-368. Рус.

Приведены экспериментальные данные по скорости звука в натрия, калии и их трех сплавах различной концентрации при температурах до 800°С. По этим данным рассчитаны адиабатическая и изотермическая сжимаемость, отношение теплоемкостей при постоянном давлении и объеме, и теплоемкости при постоянном объеме как функции от температуры.

24.02-01.28 О взаимосвязи термических свойств конденсированных веществ со скоростью распространения продольных звуковых волн. *Ощерин В.Н.* *Теплофизика высоких температур.* 1966. 4, № 6, с. 821-826. Рус.

Установлена взаимосвязь скорости распространения продольных звуковых волн в конденсированных средах с теплоемкостью и коэффициентом термического расширения. Проведена его проверка для различных веществ.

24.02-01.29 Акустический импульсный метод одного фиксированного расстояния для измерения скорости ультразвука в газообразных и паровых средах при высоких температурах. *Васильев И.Н., Трелин Ю.С.* *Теплофизика высоких температур.* 1969. 7, № 6, с. 1112-1116. Рус.

Описывается ультразвуковой импульсный метод одного фиксированного расстояния и его применение для измерений скорости ультразвука в газах и парах при высоких температурах. Рассмотрена принципиальная конструкция измерительной камеры и функциональная схема метода. На созданной установке получены экспериментальные значения скорости ультразвука в аргоне и ксеноне при температурах до 1300 К. Сравнение экспериментальных данных с расчетными показывает, что дифракционные поправки для использованной конструкции измерительной камеры в диапазоне скоростей 290—650 м/с не выходят за пределы точности метода, которая составляет 0,3—0,5%. Разработанный метод предполагается использовать для измерений скорости ультразвука в насыщенных и перегретых парах щелочных металлов.

24.02-01.30 Постановка задачи Римана для политропных газов, описываемых сложными уравнениями состояния. *Тенев В.А., Королева М.Р.* *Химическая физика и мезоскопия.* 2023. 25, № 4, с. 507-514. Рус.

Приведена постановка задачи Римана для политропных газов с произвольными уравнениями состояния. Описана характеристическая форма системы уравнений Эйлера. Приведены собственные числа матрицы Якоби и соответствующие собственные вектора системы уравнений газовой динамики. На основе показателя нелинейности определено их влияние на структуру решения задачи Римана в виде комплекса простых волн — волн разрежения, ударных волн и контактных разрывов. Для двух уравнений состояния реальных газов — уравнения Ван-дер-Ваальса и уравнения Соаве—Редлиха—Квонга приведены основные аналитические соотношения для определения энтропии, внутренней энергии, давления, температуры и скорости звука в газе. Данные соотношения лежат в основе процедуры построения точного решения задачи Римана о распаде произвольного разрыва и могут быть использованы для реализации метода Годунова для решения многомерных нестационарных задач газовой динамики. Ключевые слова: задача Римана, точное решение, характеристическая форма, уравнения состояния, уравнение Ван-дер-Ваальса, уравнение Соаве—Редлиха—Квонга. DOI: <https://doi.org/10.15350/17270529.2023.4.44>.

24.02-01.31 Соотношение унитарности и унитарные ограничения для теории скалярных полей с разными скоростями звука. *Агеева Ю.А., Петров П.К. УФН.* 2023. 193, № 11, с. 1205–1213. Рус.

Рассматривается теория нескольких безмассовых скалярных полей с различными "скоростями звука". Для таких теорий были получены соотношения унитарности для парциальных амплитуд процессов рассеяния "два в два" с учётом вклада промежуточных двухчастичных состояний. Также были получены унитарные ограничения как в самом общем случае, так и в случае, уже рассмотренном в литературе, со "скоростью звука равной единице. Однопетлевыми вычислениями (в первом нетривиальном порядке по константам связи) в модели двух скалярных полей с разными "скоростями звука" мы показываем, что полученные соотношения унитарности выполняются. В других эффективных теориях поля унитарные ограничения можно использовать, например, для оценки масштаба сильной связи.

Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

24.02-01.32 Энергетические характеристики прохождения звуковой волны сквозь области скачкообразного изменения сечения волновода. *Панкова Ю.И. Математическое моделирование в естественных науках.* 2023, № 1, с. 255–257. Рус.

Исследуются энергетические характеристики звуковой волны в волноводе, имеющем выступ (впадину). Для потенциала скоростей получена аналитическая форма решения на основе декомпозиции волновода на части, с последующей шпивкой на границе, которая позволяет значительно упростить исследование важнейшей характеристики звукового поля — поток энергии через сечение. Приводятся примеры численной реализации с параметрами, характерными для морских геофизических волноводов.

Излучение источников, импеданс, картины полей

24.02-01.33 Возможность адаптации интерферометрического метода локализации звукового источника в океане. *Кузькин В.М., Пересёлков С.А., Казначеев И.В., Ткаченко С.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 304–307. Рус.

Представлены результаты численного эксперимента по апробации алгоритмов адаптации для интерферометрического метода локализации источника звука. Предложены два варианта интерферометрической обработки, не требующие знания характеристик среды распространения для определения параметров шумового источника. Они решают проблему идентификации источника в акваториях, в которых невозможно проведение акустической калибровки. Получена оценка максималь-

ной дальности применимости обработки. Приведены результаты численного эксперимента по апробации адаптивных алгоритмов локализации источников звука.

Численные методы, компьютерное моделирование

24.02-01.34 Численное моделирование морских волн. *Чаликов Д.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 29–33. Рус.

Даются характеристики численных моделей поверхностных волн, основанных на полных уравнениях движения жидкости со свободной поверхностью в потенциальном приближении. Рассматриваются их возможности и области применения. Более подробно описана модель, использующая связанную с поверхностью систему координат. Предложен метод, основанный на разделении решения на аналитическое и отклонение от него. Этот подход значительно ускоряет вычисления. Задача в целом решается для периодической по обоим горизонтальным направлениям области Фурье методом с расчётом нелинейных членов на густой сетке. Проведено моделирование развития волнового поля под действием ветра и диссипации. Показано, что трансформация основных интегральных характеристик решения удовлетворительно согласуется с известными данными.

24.02-01.35 Оценка силового воздействия длинных поверхностных волн на заякоренный гидротехнический объект методами численного моделирования. *Гусев О.И., Хакимзянов Г.С., Чубаров Л.Б. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 239–242. Рус.

Излагается методика расчета силового воздействия длинных поверхностных волн на заякоренную гидротехническую конструкцию. Эта задача связана с необходимостью принятия решений по конструированию, размещению и эксплуатации конструкций такого рода. Задача решалась в предположении потенциальности течения идеальной жидкости с помощью оригинального алгоритма, допускающего проведение расчетов на криволинейных сетках, адаптированных к форме конструкции. Полученные результаты позволили определить зависимость силового воздействия от характеристик волн, формы, размеров и заглубления конструкции, ее положения относительно направления движения волн.

24.02-01.36 Воздействие волн конечной амплитуды на морские гидротехнические сооружения. *Воробей С.Н., Перегудин С.И., Перегудина Э.С., Холодова С.Е. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 247–248. Рус.

Исследуется нелинейная волновая динамика с учетом граничных эффектов, связанных с наличием вертикальной недеформируемой и непроницаемой преграды. Аналитически представлены выражения для погонной нагрузки на омываемую часть стенки, что, в соответствии с результатами численного анализа, может позволить произвести анализ и качественную оценку возможного последствия результатов воздействия волн на ограждающие сооружения с вертикальной гранью. Исследуемая математическая задача допускает решения как в случае волн малой амплитуды, так и для случая волновых возмущений, имеющих конечную амплитуду. В вещественной форме могут быть представлены основные характеристики исследуемого динамического процесса.

24.02-01.37 Численное моделирование нестационарного течения воды в канале с препятствием. *Волков К.Н., Емельянов В.Н., Карпенко А.Г. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 394–397. Рус.

Произведен численный расчет течения воды в круглой трубе с установленной поперек потока балкой. Для моделирования турбулентности используется гибридный метод DDES, что позволяет получить подробное нестационарное поле пульсаций

давления в любой точке течения, в том числе и на стенках канала. Произведен спектральный анализ пульсаций давления на стенках и получены амплитуды пульсаций в каждой точке поверхности при различных частотах. Эти данные могут быть использованы для определения гидродинамического шума, а также как входные для моделирования вибро-шумовых характеристик течения в канале.

24.02-01.38 О точности данных испытаний снижения лобового сопротивления в гиперзвуковом потоке. Моделирование переходных процессов и временные ограничения. *Tahsini A.M., Anbuselwan K.K.N. Теплофизика высоких температур*. 2022. 60, № 1, с. 153-155. Рус.

С помощью нестационарного численного моделирования исследуется возможность снижения гидродинамического сопротивления затупленных тел в гиперзвуковом потоке в результате хромирования. Основное внимание уделяется оценке временных масштабов различных протекающих физико-химических процессов. Предложен временной интервал для гиперзвуковых испытательных установок, предназначенных для изучения физики подобных потоков. DOI: 10.31857/S0040364422010239.

24.02-01.39 Численное моделирование газодинамики втекания в канал, расположенный за коническим или плоским скачком уплотнения. *Звегинцев В.И., Мажуль И.И. Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 6, с. 1073-1080. Рус.

Представлены результаты численного исследования газодинамики течения и интегральных параметров потока на входе в канал, расположенный за коническим или плоским скачком уплотнения. Рассмотрен диапазон чисел Маха набегающего потока $M=2-4$ и углов наклона поверхности сжатия клина и конуса $\delta=10-90^\circ$. Получены данные по структуре течения на входе в канал, среднemasсовым значениям числа Маха, коэффициенту потерь полного давления и расхода. Проведен сравнительный анализ этих параметров, и отмечены преимущества или недостатки расположения входного сечения канала в разных типах потоков.

24.02-01.40 Численное моделирование выброса вещества в атмосферу при наклонном падении десятикилометровых астероидов в океан. *Шувалов В.В. Физика Земли*. 2023, № 3, с. 131-138. Рус.

Приведены результаты трехмерного численного моделирования падения десятикилометровых астероидов под углом 45° на твердую поверхность и в океан глубиной от 1 до 6 км. В расчетах получены максимальные массы выброшенных в атмосферу воды, вещества ударника и грунта, а также массы воды, вещества ударника и грунта, оставшиеся в атмосфере через 10 мин после удара. Определена масса паров в выбросах. Показано, что при косых ударах в атмосферу выбрасывается в 2–5 раз больше вещества ударника и грунта, чем при вертикальных.

24.02-01.41 Численное моделирование гидроупругих колебаний частично заполненных жидкостью коаксиальных оболочек с учётом эффектов на свободной поверхности. *Бочкарёв С.А., Сенин А.Н. Математическое моделирование в естественных науках*. 2021, № 1, с. 138-140. Рус.

Работа посвящена анализу вертикально ориентированных упругих коаксиальных цилиндрических оболочек, внутренние полости которых частично заполнены неподвижной сжимаемой жидкостью. Решение задачи осуществляется в осесимметричной постановке с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Плескательные моды колебаний, обусловленные гравитационными эффектами на свободной поверхности жидкости, исключаются из разрешающей системы уравнений с помощью метода динамической конденсации. Проведена оценка влияния уровней заполнения полостей на фундаментальные частоты колебаний.

24.02-01.42 Моделирование резонаторного фильтра на поверхностных акустических волнах. Сравнение различных подходов. *Койгеров А.С., Бальшиева О.Л. Радиотехника и электроника*. 2022. 67, № 11, с. 1152-1156. Рус.

Представлено сравнение моделирования на основе двух подходов — феноменологической модели связанных мод и численного анализа методом конечных элементов на примере расчета

характеристик резонаторного фильтра на вытекающих поверхностных акустических волнах на пьезоэлектрической подложке ниобата лития среза $64^\circ Y-X$. Необходимые для модели связанных мод параметры получены на основе численного анализа бесконечных тестовых структур в пакете COMSOL. Рассчитан и проанализирован коэффициент передачи фильтра, сравнение с экспериментальными данными показало хорошее совпадение. Предложены практические рекомендации по моделированию резонаторных фильтров с различной топологической структурой, рассмотрена возможность учета различных эффектов второго порядка при моделировании.

Методы измерений и инструменты

24.02-01.43 Проблемы исследования акустических свойств материалов методами ближнего поля. *Айвазян Ю.М., Исаяев А.Е., Поликарпов А.М. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 443-446. Рус.

На примере эксперимента по определению коэффициента отражения звука от образца материала продемонстрирована некорректность измерений в поле сферической звуковой волны. Обсуждаются преимущества и недостатки генерации плоской звуковой волны решёткой Тротта, как альтернативы исследованию акустических свойств материалов в дальнем поле. Рассматривается подход синтезирования плоской бегущей звуковой волны с помощью виртуальной сканирующей решётки, элементами которой являются ненаправленные гидрофоны. Перспективность предложенного подхода подтверждена результатами математического моделирования.

Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

24.02-01.44 Об одной задаче оптимального управления колебаниями пластинки-полосы в температурном поле. On one problem of optimal control of vibrations of a plate-strip in a temperature field. *Grigoryan E.R. Ученые записки ЕГУ, физико-математических наук*. 2023. 57, № 3, с. 79-85. Англ.

Исследуется задача оптимального управления упругими колебаниями изотропной пластинки-полосы под влиянием температурного и силового поля. Функция изменения внешней нагрузки на плоскость пластинки представляется как функция управления. Оптимальное управление осуществляется также функцией распределения по пластинке температуры внешнего поля. Принимаются известные классические гипотезы термоупругого изгиба пластинки. Решаются уравнения поперечных колебаний пластинки и теплопроводности в пластинке при граничных условиях теплообмена и напряженного состояния на торцевых плоскостях. Используются метод рядов Фурье, метод представления моментных соотношений, известный метод минимизации функционала.

24.02-01.45 Моделирование вибраций асинхронного двигателя под воздействием механического и магнитного эксцентриситета. Simulation of induction motor vibrations under the influence of mechanical and magnetic eccentricity. *Goroshko A., Zembytska M. Ученые записки. Независимая академия развития наук Израиля*. 2023. 15, № 2, с. 4-14. Англ.

A mathematical model of the dynamics of an electric induction motor is proposed, taking into account the eccentricity of the mass of the rotor; static and dynamic magnetic eccentricities of the rotor, influence of the gyroscopic moment of the rotor; compliance of the stator supports to the foundation. The model has six stator degrees of freedom (three translational and three rotational) and two rotor stages. The model takes into account the uneven rigidity of the stator supports, their number and the places of attachment to the stator.

24.02-01.46 Математическое моделирование распространения вибраций в тонкостенных каркасированных конструкциях. 1. Основные соотношения и аналитические решения характерных задач. *Паймушин В.Н.,*

Фирсов В.А., Шичкин В.М. *Проблемы прочности и пластичности.* 2022. 84, № 2, с. 207-224. Рус.

Обсуждаются особенности конструктивного исполнения тонкостенных каркасированных конструкций изделий авиастроения, судостроения и пр. в виде силового каркаса, соединенного с тонкостенными панелями обшивки, стенок, переборок и т.п. Рассматриваются варианты конструктивного соединения указанных тонкостенных панелей с опорными элементами силового каркаса и способы их математического описания в классической механике деформируемого твердого тела. Предложено, не искажая физической картины динамического поведения тонкостенных панелей, представить их в виде многопролетных тонких полос, опирающихся на жесткие элементы силового каркаса по части их лицевой поверхности. На примере плоской динамической задачи механики полосы, имеющей на одной из лицевых поверхностей закрепленный участок конечной длины, показано, что при исследовании процессов деформирования с учетом податливости закрепленного участка требуется введение понятия трансформации параметров напряженно-деформированного состояния и применяемых для их описания математических моделей. Такая трансформация имеет место при переходе через границу от незакрепленного участка к закрепленному (от закрепленного к незакрепленному) участку. В рамках классической модели Кирхгофа—Лява учет податливости закрепленного участка стержня невозможен, а при использовании простейшей уточненной сдвиговой модели С.П. Тимошенко такой учет возможен при закреплении участка только на одной из лицевых поверхностей. В частности, обнаруженное ранее и не описанное в научной литературе явление прохождения вибраций через опорные соединения независимо от их конструктивного исполнения осуществляется за счет трансформации напряженно-деформированного состояния динамически нагруженного участка полосы в продольно-сдвиговые формы колебаний полосы на участке закрепления с последующей их ретрансформацией в изгибные колебания соседнего пролета. В рамках используемой модели С.П. Тимошенко построены основные разрешающие уравнения, сформулированы кинематические и силовые условия сопряжения закрепленных и незакрепленных участков полосы. На основе разработанной математической модели найдены точные аналитические решения характерных задач, подтверждающие прохождение вибрации через закрепленные участки полосы за счет деформируемости отмеченных участков. Выявлено существенное увеличение уровня поперечных касательных напряжений на закрепленном участке полосы в окрестности сопряжения незакрепленного участка с закрепленным.

24.02-01.47 Математическое моделирование распространения вибраций в тонкостенных каркасированных конструкциях. 2. Конечно-элементные модели и численные эксперименты. Паймушин В.Н., Фирсов В.А., Шичкин В.М. *Проблемы прочности и пластичности.* 2022. 84, № 3, с. 311-330. Рус.

На основе уточненной сдвиговой модели С.П. Тимошенко построены одномерные конечные элементы для моделирования динамической реакции плоских стержней, имеющих на одной из лицевых поверхностей закрепленный участок конечной длины. Для анализа их стационарной динамической реакции при гармоническом внешнем воздействии сформирована система разрешающих уравнений в комплексной форме. Разработаны три модели кинематического сопряжения закрепленных и незакрепленных участков стержней с использованием уравнения связи между углом поворота поперечного сечения и осевым перемещением на границе между отмеченными частями стержня, переходного конечного элемента, а также концепции единого конечного элемента с узлами, расположенными на одной из его лицевых поверхностей. Отмечено, что для практической реализации наиболее удобной является модель, использующая для представления закрепленных и незакрепленных участков стержня единый конечный элемент. На основе указанной модели найдено конечно-элементное решение задачи о поперечных изгибных колебаниях консольно закрепленного плоского стержня в условиях вибрационного нагружения периодической осевой силой, приложенной к торцевому сечению закрепленного участка конечной длины, а также задачи о по-

перечных изгибных колебаниях стержня-полосы с двумя незакрепленными концами и участком закрепления конечной длины между ними при вибрационном нагружении поперечной силой на одном из незакрепленных концов стержня. Результаты конечно-элементного решения этих двух задач хорошо согласуются с полученными ранее точными аналитическими решениями, построенными на основе сдвиговой модели С.П. Тимошенко. Выявлено наличие значительной трансформации параметров напряженно-деформированного состояния рассмотренных стержней при переходе через границу от незакрепленных частей к участкам закрепления конечной длины на одной из лицевых поверхностей.

24.02-01.48 О колебаниях функционально-градиентных электроупругих стержней. Ватульян А.О., Юров В.О. *Проблемы прочности и пластичности.* 2022. 84, № 3, с. 351-363. Рус.

Исследованы задачи об установившихся колебаниях функционально-градиентных электроупругих стержней для двух типов поляризации. Функциональная градиентность характеризуется изменением вдоль продольной координаты изотермической упругой податливости и пьезоэлектрического модуля. В статье использованы линейный, квадратичный и экспоненциальный законы неоднородности. Для моделирования затухания используется модель стандартного вязкоупругого тела, которая применяется в рамках концепции комплексных модулей. Для численного решения поставленных задач применен метод пристрелки. В целях верификации вычислительной схемы построено точное решение задачи для случая постоянных свойств. Анализ влияния законов неоднородности проведен для законов, имеющих одинаковые средние интегральные значения. Построены амплитудно-частотные характеристики тока и проводимости. Исследованы антирезонансы, установлено наличие двух различных типов в зависимости от законов неоднородности. Проведен асимптотический анализ задачи для случая низких частот. Показано, что в низкочастотном диапазоне механическое продольное напряжение зависит только от закона изменения пьезоэлектрического модуля, перемещение при этом зависит и от закона изменения упругой податливости. В результате вычислительных экспериментов выявлены особенности строения амплитудно-частотной характеристики тока в окрестности второго резонанса, который обладает различной добротностью в зависимости от того, одинаковый или различный типы монотонности имеют функции податливости и пьезоэлектрического модуля. Выявлено, что первый резонанс из рассматриваемого частотного диапазона имеет низкую чувствительность к законам неоднородности, а третий резонанс имеет достаточную чувствительность к законам неоднородности и может быть использован для определения типа монотонности при решении обратных задач по реконструкции свойств.

24.02-01.49 Взаимодействие изгибных волн, распространяющихся в неоднородной пластине, с препятствием, представляющим собой стержень, лежащий на вязкоупругом основании. Ерофеев В.И., Лисенкова Е.Е., Монич Д.В. *Проблемы прочности и пластичности.* 2022. 84, № 4, с. 511-522. Рус.

Исследуется однократное взаимодействие волны, распространяющейся в неоднородной пластине в форме бесконечной полосы, с одномерным распределенным механическим объектом, под которым понимается лежащий на вязкоупругом основании стержень, совершающий изгибные и крутильные колебания. Считается, что пластина имеет разные параметры слева и справа от стержня. Физически и математически корректные условия на границе соединения пластины со стержнем получены как следствие постановок контактных задач динамики двумерных упругих систем с одномерными нагрузками, исходя из вариационного принципа Гамильтона—Остроградского. Определены частоты и волновые числа вторичных (отраженных и прошедших) волн, а также критическая частота, ниже которой волна в пластине не распространяется. На основе решения задачи кинематики из системы линейных алгебраических уравнений, получающейся из граничных условий, найдены коэффициенты отражения и прохождения изгибных волн. Зависимости этих коэффициентов от частоты падающей волны имеют резонансы.

нансный характер. Приводятся расчетные графики коэффициента прохождения от частоты падающей волны при различных параметрах стержня. Определены условия самоизоляции и безотражательного прохождения волны через препятствие. Установлено, что частота максимума виброизоляции располагается выше частот, при которых происходит полное прохождение волн через препятствие. Получено выражение для силы, обусловленной давлением изгибных волн на одномерный объект. Вычислена ее постоянная составляющая, которая обращается в нуль (для однородной пластины) при отсутствии отраженных от препятствия волн. Показано, что в вырожденных случаях полученные результаты совпадают с проведенными ранее исследованиями других авторов.

24.02-01.50 Ветвление равновесий сжатой упругой ортотропной пластины с внутренними напряжениями. Пешогов И.М., Соболев Б.В. Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 1, с. 26-35. Рус.

Рассматривается задача о потере устойчивости и послекритическом поведении сжатой ортотропной прямоугольной пластины на нелинейно-упругом основании, содержащей непрерывно распределенные поля дислокаций и дисклинаций и находящейся под действием малой нормальной нагрузки. Составляющие сжимающих усилий равномерно распределены по краям и действуют параллельно главным направлениям упругости. Задача сформулирована в виде аналога системы нелинейных уравнений Кармана для ортотропной пластины, содержащих функцию, называемую мерой несовместности, которая выражается через плотности краевых дислокаций и клиновых дисклинаций. Система уравнений учитывает малое поперечное давление и реакцию упругого основания в виде многочлена третьей степени от прогиба. Рассматриваются следующие краевые условия: все края пластины свободно заделаны или подвижно шарнирно оперты; два противоположных края пластины свободно заделаны или подвижно шарнирно оперты, а два других свободны от нагрузок. Функция напряжений ищется в виде двух составляющих: функции напряжений, вызванных наличием внутренних источников, определяемой из линейной краевой задачи, и функции напряжений, вызванных внешним воздействием сжимающих нагрузок и нелинейно-упругого основания, которая определяется из нелинейной краевой задачи. Нелинейная краевая задача исследуется методом Ляпунова—Шмидта. Для решения линеаризованного уравнения, из которого определяется критическое значение сжимающей нагрузки, применяется вариационный метод в сочетании с разностным методом. Строится система уравнений разветвления метода Ляпунова—Шмидта, которая исследуется численными методами. Исследовано послекритическое поведение пластины и выведены асимптотические формулы для новых равновесий в окрестности критической нагрузки. Для различных значений сжимающих нагрузок, параметров ортотропности пластины и параметра интенсивности внутренних напряжений установлены соотношения между значениями параметров основания, при которых сохраняется ее несущая способность в окрестности классического значения критической нагрузки.

24.02-01.51 Исследование прохождения вибраций через закрепленный участок удлиненной пластины при действии осевой силы на торце. Паймушин В.Н., Шишкин В.М., Газизуллин Р.К., Нуриев А.Н. Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 3, с. 356-374. Рус.

С использованием инструментально-аппаратных средств фиксации амплитуд виброускорений разработана методика экспериментального исследования вынужденных изгибных колебаний консольно закрепленного тонкостенного элемента конструкции в виде стержня-полосы, возбуждающихся за счет прохождения вибраций через участок закрепления конечной длины на одной из лицевых поверхностей при осевом нагружении гармонической силой, приложенной к торцевому сечению закрепленного участка. Получена экспериментальная зависимость амплитудных значений виброускорений точки на конце консоли от частоты возбуждаемых изгибных колебаний торца стержня, свидетельствующая о прохождении вибраций через участок закрепления конечной длины. Указанные вибрации происходят за счет трансформации продольных колебаний в зоне нагружения в продольно-поперечно-сдвиговые колебания

стержня-полосы в зоне закрепления с последующей их трансформацией в преимущественно изгибные колебания консольной части стержня. Для теоретического исследования описываемого явления построена трансформационная модель деформирования стержня-полосы, учитывающая деформируемость участка закрепления конечной длины на основе уточненной модели С.П. Тимошенко. Консольная часть стержня представлена классической моделью Кирхгофа—Лява с учетом геометрической нелинейности при определении осевых деформаций. Сформулированы кинематические условия сопряжения закрепленной и консольной частей стержня. На основе вариационного уравнения Гамильтона—Остроградского получены уравнения движения незакрепленной и закрепленной частей стержня, а также граничные условия к ним и силовое условие сопряжения отмеченных частей стержня. Проведены численные эксперименты для стержня-полосы, изготовленного из алюминиевого сплава Д16АТ, показывающие заметное прохождение вибраций через участок закрепления конечной длины в консольную часть стержня при снижении динамического модуля сдвига материала до определенного значения.

24.02-01.52 Продольные нестационарные колебания конечного моментного упругого стержня. Тарлаковский Д.В., Федотенков Г.В., Чиен Май Куок. Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 3, с. 390-403. Рус.

Исследуются нестационарные продольные колебания моментного упругого стержня конечной длины. Для описания движения стержня используется система уравнений общей модели моментных упругих тонких тел без дополнительных гипотез. Уравнения этой модели учитывают продольные движения, изменения угла независимого микроповорота, а также поперечное обжатие стержня. Материал стержня полагается однородным и изотропным. Система уравнений движения дополняется физическими соотношениями, которые описывают связи перемещений, изменений углов и поперечного обжатия с усилиями. В отличие от классических моделей, в моментном стержне, кроме нормальных усилий, возникают дополнительные силовые факторы: дополнительные моменты, моментные перерезывающие усилия, моменты моментных напряжений. Соответственно, кроме упругих констант материала, учитываются дополнительные физические параметры среды, необходимые при учете моментных эффектов в материале. В качестве граничных условий на торцах стержня используются условия обобщенного шарнирного опирания. Начальные условия полагаются нулевыми. Для построения решения используются разложения искомых функций и внешней нагрузки в тригонометрические ряды Фурье. Подстановка этих разложений в исходные соотношения приводит к системе уравнений относительно коэффициентов рядов, зависящих от времени. Для ее решения используется интегральное преобразование Лапласа по времени. В результате найдены выражения для искомых коэффициентов рядов разложений в пространстве изображений. Каждое из этих выражений представляет собой сумму трех произведений. Множителями в этих произведениях являются изображения по Лапласу коэффициентов разложений в ряд Фурье для нагрузки и для функций влияния. Функции влияния являются фундаментальными решениями (функциями Грина) исследуемой задачи. Оригиналы коэффициентов рядов для функций влияния находятся аналитически с помощью вычетов. Окончательные выражения для коэффициентов рядов разложения решений имеют вид сверток по времени. Ядрами этих интегральных представлений являются оригиналы коэффициентов рядов для функций влияния. В качестве примера рассмотрена реакция моментного упругого стержня на воздействие нестационарной осевой нагрузки. Полученные результаты проиллюстрированы графически. Проведена оценка практической сходимости рядов разложений.

24.02-01.53 О ветвлении равновесий сжатого упругого стержня на нелинейно упругом основании. Пешогов И.М., Соболев Б.В., Левченко А.М. Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 4, с. 461-469. Рус.

Рассматривается задача о потере устойчивости и послекритическом поведении сжатого упругого стержня на нелинейно упругом основании, находящегося под действием малого поперечного давления. Исследование проводится на основе нели-

нейного уравнения равновесия, полученного с учетом точной формулы кривизны осевой линии стержня, при этом кривизна аппроксимируется асимптотической формулой третьего порядка относительно прогиба. Краевые условия соответствуют свободному защемлению или подвижной шарнирной опоре концов стержня. Исследуется влияние малой поперечной нагрузки и параметров реакции нелинейно упругого основания на критические нагрузки потери устойчивости. Критическая нагрузка определяется из задачи на собственные значения, полученной линеаризацией уравнения равновесия. Проблема собственных значений для случая свободного защемления концов стержня решается вариационно-разностным методом. Для исследования послекритического поведения сжатого стержня применяется метод Ляпунова—Шмидта в сочетании с численными методами вычисления коэффициентов системы уравнений разветвления. Рассмотрены случаи ветвления равновесий сжатого стержня по одной собственной форме. Построены асимптотические формулы новых равновесий в окрестности точки бифуркации с учетом малой нормальной нагрузки. Реакция основания рассматривается в виде кубической функции от прогиба. Установлены условия для параметров нелинейности упругого основания, при выполнении которых сжатый стержень становится чувствительным к несовершенствам в виде малой поперечной нагрузки. Проведено сравнение полученных результатов для классического случая линейной формулы выражения кривизны осевой линии стержня через вторую производную прогиба и случая, когда кривизна аппроксимируется асимптотической формулой третьего порядка относительно прогиба.

24.02-01.54 Собственные колебания композитных цилиндрических оболочек, частично заполненных жидкостью. *Бочкарёв С.А., Лекомцев С.В., Матвеевко В.П. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия.* 2023. 10, № 4, с. 616-631. Рус.

Представлены результаты исследований собственных колебаний круговых вертикальных слоистых цилиндрических оболочек, полностью или частично заполненных неподвижной сжимаемой жидкостью и подвергающихся воздействию гидростатической нагрузки. Поведение упругой конструкции и жидкой среды описывается классической теорией оболочек и уравнениями Эйлера. Эффекты плескания на свободной поверхности жидкости не учитываются. Линеаризованные уравнения движения оболочки совместно с соответствующими геометрическими и физическими соотношениями сводятся к системе обыкновенных дифференциальных уравнений относительно новых неизвестных. Акустическое волновое уравнение преобразуется к системе дифференциальных уравнений с помощью метода обобщенных дифференциальных квадратур. Решение сформулированной краевой задачи осуществляется методом ортогональной прогонки Годунова. Для вычисления собственных частот колебаний используется сочетание пошаговой процедуры с последующим уточнением методом деления пополам. Достоверность получаемых результатов подтверждена сравнением с известными численными решениями. Детально проанализированы зависимости низших частот колебаний от угла армирования и уровня заполнения жидкостью свободно опертых, жестко закрепленных и консольных двухслойных и трехслойных цилиндрических оболочек. Продемонстрировано, что возможность изменения частот и форм колебаний за счет подходящего выбора схемы укладки и угла армирования композиционного материала в большей степени определяется заданной комбинацией краевых условий для упругого тела.

24.02-01.55 О термооптическом возбуждении параметрических колебаний микробалочных резонаторов. *П. Морозов Н.Ф., Индейцев Д.А., Лукин А.В., Попов И.А., Штукин Л.В. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия.* 2023. 10, № 4, с. 632-649. Рус.

Настоящая статья является второй частью работы, посвященной исследованию нелинейной динамики параметрически возбуждаемых изгибных колебаний защемленной с двух концов микробалки — базового чувствительного элемента перспективного класса микродатчиков различных физических величин — при лазерном термооптическом воздействии в форме перио-

дически генерируемых импульсов, действующих на некоторую часть поверхности балочного элемента. Показана принципиальная техническая возможность лазерной генерации параметрических колебаний высокочастотных микромеханических резонаторов без реализации сценариев потери упругой устойчивости чувствительного элемента или его недопустимого нагрева. Аналитически исследован характер зоны главного параметрического резонанса. Построены резонансные характеристики системы в геометрически нелинейной постановке, соответствующей модели балки Бернулли—Эйлера.

24.02-01.56 Поправки к теории упругого изгиба тонких плит для 2D-моделей в приближении Рейснера. *Трубицын А.П., Трубицын В.П. Физика Земли.* 2023, № 4, с. 3-15. Рус.

Расчеты упругих изгибных напряжений и деформаций в литосфере обычно проводятся на основе теории Кирхгофа—Лява для тонких плит. Критерием ее применимости является малость отношения толщины плиты к ее длине. В океанических плитах благодаря выталкивающей силе мантии основные деформации распределены не равномерно вдоль плиты, а сосредоточены вблизи зоны субдукции. Поэтому эффективная длина изгибающейся части плиты в несколько раз меньше реальной длины, и критерий тонкости плит частично нарушается. В работе анализируется возможность применения уравнений изгиба толстых плит. Имеющиеся вариационные теории 3D-изгиба толстых плит намного более сложные по сравнению с теорией Кирхгофа—Лява, так как требуют решения не одного дифференциального уравнения, а трех, и из-за трудоемкости имеют ограниченное применение. Поскольку в геофизических приложениях часто используются 2D-модели, то в работе детально анализируются возможности и точность теории изгиба толстых пластин для 2D-моделей. Оригинальные уравнения 3D-изгиба толстых плит Рейснера после перехода к 2D для плоской деформации и плоского напряжения выписываются в форме, аналогичной уравнениям Кирхгофа с аддитивными поправками, и дополняются явными выражениями для продольного смещения. Сравнение аналитических решений 2D-уравнений Рейснера с точными решениями показывает, что она дает поправку только для функции изгиба плиты. Но эта поправка уточняет теорию Кирхгофа—Лява почти на порядок. При этом решение уравнений оказывается практически таким же простым, как и уравнений тонких плит.

24.02-01.57 Активное демпфирование резонансных колебаний пакета пластин, содержащих неподвижную жидкость. *Каменский А.О., Лекомцев С.В. Математическое моделирование в естественных науках.* 2021, № 1, с. 90-92. Рус.

Представлены результаты численного моделирования процесса подавления резонансных колебаний тонкостенной конструкции, взаимодействующей с жидкостью. Механизм основан на применении пьезоэлектрических элементов в качестве сенсора и актуатора в составе активной системы подавления колебаний. Параметры управляющего воздействия подбираются на основе анализа решения серии гармонических задач. Выполнено сравнение переходных процессов, полученных при оптимальных и неоптимальных коэффициентах.

24.02-01.58 Нестационарные упругодиффузионные колебания пластины Тимошенко на упругом основании под действием распределенной по поверхности нагрузки. *Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. Математическое моделирование в естественных науках.* 2022, № 1, с. 114-117. Рус.

Анализируются связанные упругодиффузионные процессы, возникающие в результате нестационарных изгибных колебаний пластины на упругом основании Винклера. В качестве математической модели используется модель пластины Тимошенко, дополненная уравнениями массопереноса с учетом релаксации диффузионных потоков. Алгоритм решения основан на методе функций Грина, для нахождения которых используются разложения в тригонометрические ряды Фурье и преобразование Лапласа по времени.

См. также **24.02-01.41**

Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

24.02-01.59 Распространение акустических волн через перфорированный слой гидроакустического покрытия. *Клячкин А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 565–568. Рус.

Рассматривается распространение акустических волн через перфорированный горизонтальный слой эластомерного гидроакустического покрытия. Получены аналитические выражения для гидроакустических полей в эластомере и окружающих его полупространствах. С помощью сравнительного анализа разных физических моделей эластомера показана необходимость учета его сжимаемости.

24.02-01.60 Давление пара, скорость звука и плотность смесового хладагента R-134a—R227ea в паровой фазе. *Комаров С.Г., Станкус С.В. Теплофизика высоких температур.* 2019. 57, № 4, с. 634–637. Рус.

С помощью ультразвукового интерферометра и пьезометра постоянного объема в интервале температур от 293 до 373 К и при давлениях от 0.06 до 0.4–3.6 МПа исследованы давление пара на линии испарения, скорость звука и плотность газообразного смесового хладагента R-134a (48.66%)—R-227ea (51.34%). Погрешности измерения температуры, давления, скорости звука и плотности составили соответственно ± 20 мК, ± 4 кПа, $\pm(0.1–0.3)\%$ и $\pm(0.2–0.4)\%$. Получены аппроксимационные зависимости плотности пара и его давления на линии испарения. Выполнено сопоставление экспериментальных данных с расчетами по программе REFPROP.

24.02-01.61 Структура токового слоя и режимы магнитогазодинамического взаимодействия со сверхзвуковым газовым потоком. *Васильев Е.Н., Нестеров Д.А. Теплофизика высоких температур.* 2019. 57, № 5, с. 644–650. Рус.

Проведено численное моделирование взаимодействия токового слоя в магнитогазодинамическом канале при индукции внешнего магнитного поля 1, 2 и 4 Тл и различных значениях сопротивления нагрузки. Выявлены особенности энергобаланса и различия температурных профилей в токовых слоях, как обтекаемых неэлектропроводным газовым потоком, так и полностью перекрывающих поперечное сечение канала и взаимодействующих с потоком подобно поршню. Получены зависимости силы тока, коэффициентов проницаемости токового слоя и преобразования энтальпии от сопротивления нагрузки.

24.02-01.62 Скорость звука в бинарных расплавленных смесях галогенидов калия. *Степанов В.П. Теплофизика высоких температур.* 2019. 57, № 6, с. 863–869. Рус.

С помощью импульсно-временного метода измерена скорость звука в бинарных расплавленных смесях KCl—KBr, KCl—KI, KBr—KI, KF—KCl, KF—KBr и KF—KI в широком интервале температур и составов. С использованием литературных данных по плотности рассчитаны адиабатическая сжимаемость и молекулярная скорость звука. Результаты анализируются с позиций структурной перестройки ионных расплавов, сопровождающей смешения солей с разным размером ионов.

24.02-01.63 Отражение и прохождение акустической волны через многофракционный пузырьковый слой. *Губайдуллин Д.А., Гафиятов Р.Н. Теплофизика высоких температур.* 2020. 58, № 1, с. 97–100. Рус.

Исследована задача об отражении акустической волны от многослойной среды, содержащей слой многофракционной пузырьковой жидкости. Для смеси “вода—пузырьковая жидкость—вода” рассчитаны коэффициенты отражения и прохождения волны. Выполнено сопоставление теории и экспериментальных данных.

24.02-01.64 Скорость ультразвука в расслаивающихся солевых расплавах на линии насыщения. *Степанов В.П. Теплофизика высоких температур.* 2020. 58, № 3, с. 344–354. Рус.

Исследовано распространение звуковых колебаний в двухфаз-

ных расплавленных смесях галогенидов щелочных металлов друг с другом и с галогенидами серебра. Описаны особенности экспериментальной установки и методики измерений скорости звука при высоких температурах. Экспериментальные данные представлены в виде таблиц и графиков. Приведены критические показатели смешивания систем. Результаты обсуждаются с позиций модели заряженных твердых сфер произвольного диаметра.

24.02-01.65 Влияние фазовых переходов на распространение акустических волн в многофракционных газозвесах с полидисперсными включениями. *Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Р. Теплофизика высоких температур.* 2020. 58, № 6, с. 133–139. Рус.

Исследовано распространение акустических волн в многофракционных смесях газа с паром, каплями и твердыми частицами с учетом межфазного массообмена. Дисперсная фаза состоит из $M+1$ фракций, различающихся размерами включений, функциями распределения включений по размерам и материалами. Представлена система интегро-дифференциальных уравнений движения многофракционной полидисперсной смеси. Получено дисперсионное соотношение, которое обобщает известные ранее соотношения. Построены зависимости относительной скорости звука и декремента затухания на определенной длине волны от безразмерной частоты возмущения с учетом межфазного массообмена. Проанализировано влияние межфазного теплообмена и трения фаз на декремент затухания.

24.02-01.66 Исследование постдетонационных волн после встречного столкновения детонационных волн в пузырьковой жидкости. *Гималтдинов И.К., Лепухин С.А. Теплофизика высоких температур.* 2021. 59, № 2, с. 236–241. Рус.

На основе численного моделирования рассмотрено встречное взаимодействие детонационных волн в жидкости с пузырьками горючего газа. Проанализировано влияние начального объемного газосодержания пузырьковой жидкости на пиковые значения давления, возникающие в жидкости при столкновении волн. Исследованы трансформации детонационных волн в постдетонационные волны и их последующая динамика. Проведено сопоставление расчетных параметров затухания постдетонационных волн с результатами эксперимента.

24.02-01.67 Волновая динамика газозвесей и отдельных частиц при резонансных колебаниях. *Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Г., Осипов П.П., Ткаченко Л.А., Шайдуллин Л.Р. Теплофизика высоких температур.* 2021. 59, № 3, с. 443–466. Рус.

Приводится обзор результатов экспериментальных и теоретических исследований по динамике газозвесей и отдельных частиц в волновых полях резонаторов различной формы. Рассмотрены эффекты коагуляции и осаждения аэрозолей различной природы при акустическом и ударно-волновом воздействии, а также закономерности улавливания, фокусировки и разделения частиц в волновых полях. Обсуждаются основные силы, приводящие к дрейфу частиц в волновом поле, а также влияние акустических течений.

24.02-01.68 Акустические волны в жидкости с газовыми включениями, имеющими жидкую прослойку и вязкоупругую оболочку. *Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В. Теплофизика высоких температур.* 2021. 59, № 4, с. 533–540. Рус.

Выведено модифицированное уравнение Рэлея—Лэмба, учитывающее радиальные колебания пузырька газа, покрытого вязкоупругой оболочкой, на внутренней поверхности которой распределен тонкий слой жидкости. Для случая малых возмущений найдено дисперсионное уравнение, учитывающее межфазный теплообмен между газом, жидкой прослойкой, вязкоупругой оболочкой и несущей жидкостью. Выписано аналитическое выражение равновесной скорости звука, и установлена ее зависимость от размеров жидкого слоя, вязкоупругой оболочки и частоты возмущений. Проиллюстрировано различие размера внутреннего жидкого слоя в оболочечном пузырьке на динамику акустических волн. Показано влияние зависимостей модуля сдвига и вязкости бутиловой резины от частоты возму-

щений при различной температуре на кривые фазовой скорости и коэффициента затухания. Дано сравнение теории с экспериментальными данными.

24.02-01.69 Об инициировании пузырьковой детонации волнами малой амплитуды. *Гималтдинов И.К., Лепихин С.А. Теплофизика высоких температур*. 2022. 60, № 5, с. 715-724. Рус.

С помощью численного моделирования исследуется возможность инициирования детонационных волн в пузырьковых жидкостях с воспламеняющейся газовой фазой волнами давления малой амплитуды. Рассмотрены случаи предварительного снижения начального давления на границе среды перед воздействием импульса сжатия и воздействия на границу жидкости двумя последовательными волнами давления, каждая из которых по отдельности не способна инициировать детонационную волну. В первом случае проанализировано влияние параметров предварительной волны разгрузки (степени снижения давления, длительности фазы разрежения), а также начальной концентрации пузырьков на минимальную амплитуду импульса сжатия, способного инициировать пузырьковую детонацию в среде. Во втором случае показана возможность инициирования детонационных волн не на границе, а внутри пузырьковой системы. Выявлено, что в зависимости от начального газодержания среды и амплитуды воздействующих волн распространение детонационной волны от очага воспламенения может происходить как в обоих направлениях (первоначальном и обратном направлению движения инициирующей волны), так и только в первоначальном направлении.

24.02-01.70 Анализ радиационного поглощения акустических волн Лэмба в пластинах, нагруженных вязкой непроводящей жидкостью. *Агейкин Н.А., Анисимкин В.И., Воронова Н.В., Смирнов А.В. Радиотехника и электроника*. 2023. 68, № 10, с. 1030-1034. Рус.

Экспериментально исследована зависимость радиационных потерь в жидкость от величины, нормальной к пластине компоненты смещения U_3 на поверхности пьезоэлектрической пластины для волн Лэмба различных порядков. Рассмотрены волны, у которых фазовая скорость V_n в пластине больше, чем скорость продольной объемной акустической волны в жидкости $V_ж$. Показано, что при малых значениях U_3 излучение в жидкость отсутствует и величина радиационных потерь близка к нулю даже при $V_n > V_ж$, при больших значениях U_3 величина радиационных потерь велика и у волн Лэмба в пластине $YZ-LiNbO_3$ при нормированной на длину волны толщине 1.75 и частоте 16.97 МГц она достигает значения 4 дБ/мм, сравнимого с радиационными потерями поверхностных акустических волн в том же материале.

Статистическая акустика

24.02-01.71 Распространение коротких импульсов в конденсированной среде на основе нелокальной гидродинамики. *Хантулева Т.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.н. 2020, с. 40-45. Рус.

В конденсированной среде в ответ на импульсное воздействие, как показывают эксперименты, распространяются волны, которые при достаточной интенсивности переносят массу и сопровождаются синергетическим формированием турбулентных вихре-волновых структур на промежуточных между макро- и микромасштабных уровнях. Такие неравновесные процессы не описываются моделями механики сплошной среды. Новая интегральная модель распространения коротких импульсов в конденсированных средах, построенная в рамках разработанной нелокальной теории переноса, позволяет описывать закономерности эволюции импульсов в широком диапазоне условий с учетом релаксационных и инерционных эффектов.

Нелинейная акустика

Теория нелинейных акустических волн

24.02-01.72 Экспериментальное исследование движения и формы парового пузыря, всплывающего в кольцевом канале при субатмосферном давлении. *Дехтяр Р.А., Овчинников В.В. Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 6, с. 1111-1120. Рус.

Проведено экспериментальное исследование динамики парового пузырька, всплывающего в кольцевом канале при субатмосферном давлении. Образование парового пузыря происходит после вскипания перегретой дегазированной жидкости в кольцевом канале, состоящем из двух стеклянных трубок диаметрами 25 и 16 мм. Исследование показало, что динамика паровой полости при всплытии парового пузырька в кольцевом канале имеет качественное отличие от динамики указанного газового пузырька и при этом демонстрирует много общего с динамикой парового пузырька Тейлора, всплывающего в круглой трубке малого диаметра. Одной из особенностей поведения паровой полости в кольцевом канале является то, что в пульсационном режиме на стадии схлопывания паровая полость может распадаться на несколько частей.

24.02-01.73 Анализ механизма генерирования непрерывной составляющей кавитационного шума. *Дежухов Н.В., Минчук В.С., Уваров С.В., Курлюк Е.А. Письма в Журнал технической физики*. 2024. 50, № 6, с. 7-10. Рус.

Показано, что нарушение периодичности пульсаций кавитационных пузырьков в разных точках ультразвукового поля может быть одним из механизмов генерирования непрерывной составляющей в спектре кавитационного шума. Вклад этого фактора растет с ростом степени аperiodичности генерируемых пузырьками возмущений и не связан однозначно с интенсивностью ударных волн, генерируемых при захлопывании пузырь-

ков. Приведены экспериментальные данные, подтверждающие этот вывод. Ключевые слова: кавитация, захлопывание пузырьков, белый шум, сонолюминесценция.

Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

24.02-01.74 Численное моделирование взаимодействия ударной волны со слоем пены с использованием двухжидкостного подхода. *Чупров П.А., Уткин П.С., Фортва С.В., Киверин А.Д. Теплофизика высоких температур*. 2023. 63, № 3, с. 443-451. Рус.

Работа посвящена изучению применимости двухжидкостной модели Баера—Нунциато к задаче взаимодействия ударной волны со слоем пены. Сформулирована определяющая система уравнений. Предложен и детально описан вычислительный алгоритм на основе схемы Хартена—Лакса—Ван Лира с разрешением контактного разрыва, включающий стадии релаксации скоростей и давлений фаз. С использованием предложенной вычислительной технологии рассмотрена задача распространения слабого возмущения в двухфазной среде. Получена скорость распространения, близкая к оценке по формуле Вуда. Также рассмотрена задача о взаимодействии ударной волны со слоем пены у непроницаемой стенки. Постановка соответствует натурным экспериментам. Описана нестационарная волновая динамика, реализующаяся в данной задаче в рамках предложенной модели. Получено хорошее качественное и количественное соответствие между результатами расчета и экспериментальными данными.

24.02-01.75 О встречном воздействии на детонационную волну в пузырьковой жидкости волнами малой амплитуды. *Гималтдинов И.К., Лепихин С.А. Теплофизика высоких температур*. 2023. 63, № 6, с. 891-896. Рус.

Представлены результаты численного исследования взаимо-

действия детонационных волн со встречными волнами давления в пузырьковой жидкости. Проанализировано изменение параметров детонационной волны при прохождении через фронт встречной волны давления. Изучена возможность управления распространением детонационного процесса путем изменения состояния пузырьковой системы встречными волнами давления.

24.02-01.76 Механизм ударной волны пластической деформации в металлах. *Сарафанов Г.Ф. Проблемы прочности и пластичности.* 2022. 84, № 4, с. 536-544. Рус.

Рассмотрена задача, связанная с эволюцией плотности краевых дислокаций на основе системы уравнений для дислокационного ансамбля. С учетом того, что в процессе эволюции дислокационного ансамбля возмущения суммарной плотности дислокаций невелики, получено уравнение, которому подчиняется эволюция избыточной плотности дислокаций (дислокационного заряда). Показано, что в полученном уравнении нелинейное слагаемое, обусловленное аннигиляцией дислокаций, является определяющим в эволюции дислокационного заряда при условии, что безразмерный параметр R (аналогичный числу Рейнольдса в вязкой среде) больше единицы. При таких условиях исходное уравнение допускает автомодельное решение в виде волнового фронта дислокационного заряда $I(x,t)$, бегущего вдоль некоторого направления. Это решение, однако, физически нестабильно из-за проблемных граничных условий. Поэтому был проанализирован более реализуемый случай, в котором исходное эволюционное уравнение для дислокационного заряда сводится к уравнению Бюргерса. Для этого уравнения при достаточно больших значениях R было получено асимптотическое решение $I(x,t) = x/t$ в виде треугольной ударной волны, которая имеет амплитуду $I(x,0)$ и ширину фронта $dx \sim 1/R$ на границе волны x_0 (при $x > x_0$ должно выполняться $I=0$). Оценки показывают, что распространение дислокационного заряда приобретает характер ударного фронта ($R \gg 1$), если существуют внутренние предположки для такой эволюции дислокационного заряда, а именно: возникают эффективные условия для образования достаточного числа скоплений N_0 перед различными барьерами (показано, что $R \sim N_0$). В противном случае динамика дислокационного заряда приобретает характер диффузионного расплывания.

См. также **24.02-01.69**

Нелинейная акустика твердых тел

24.02-01.77 Возбуждение акустических волн в кристаллах алюмоиттриевого граната в диапазоне 12–18 ГГц при комнатной температуре. *Зайцев Б.Д., Толстиков А.В. Радиотехника и электроника.* 2022. 67, № 10, с. 1044-1051. Рус.

Показана возможность возбуждения и регистрации с помощью тонкопленочных преобразователей из нитрида алюминия и окиси цинка продольных и поперечных акустических волн в кристалле алюмоиттриевого граната в диапазоне частот 12–18 ГГц при комнатной температуре. В качестве электродинамической системы использованы одноступенчатый четвертьволновый и двухступенчатый чебышевский согласователи коаксиального типа. Найдено, что коэффициент преобразования при возбуждении продольных и поперечных волн равен ~ 23 и 30 дБ. Оценено удельное затухание продольных (22.2 дБ/мкс) и поперечных (15.6 дБ/мкс) волн. Показано, что одноступенчатый четвертьволновый и двухступенчатый чебышевский согласователи обеспечили полосу пропускания 11% и 20% соответственно.

Влияние нелинейности на скорость и поглощение

См. **24.02-01.29**

Акустические течения и радиационное давление

24.02-01.78 Рассеяние и затухание продольных и по-

перечных волн в газонасыщенных морских осадках. *Максимов А.О., Половинка Ю.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 280-283. Рус.

Представлена модель, описывающая колебания газовых пузырьков в осадках. Построена теория многократного рассеяния на скоплении газовых включений. Особенностью распространения акустических волн в такой среде является конверсия волн сжатия и сдвига при рассеянии на включениях. Это приводит к вариациям эффективных скоростей распространения мод и, как следствие, к изменениям в отражении от границы раздела: коэффициент отражения становится функцией концентрации включений. Исследована ситуация, когда коэффициент отражения может обращаться в нуль (распространение под углом Брюстера), и описана структура низкочастотных резонансов, связанных с коллективными колебаниями включений. Эти акустические проявления газовых пузырьков отличают их от других неоднородностей морского дна и позволяют разработать соответствующие методы дистанционного обнаружения.

Нелинейные диспергирующие волны, солитоны

24.02-01.79 Волны-убийцы: факты, теория и предсказание. *Пелиновский Е.Н., Слоняев А.В., Кокорина А.В., Диденжулова Е.Г. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 34-39. Рус.

Фактов существования аномально высоких волн, возникающих на морской поверхности на короткое время, накопилось достаточно; они подкреплены инструментальными данными, обраны каталоги наблюдений волн-убийц для отдельных районов Мирового океана. Разработаны и физико-математические модели возникновения таких больших волн. Новым направлением исследований является поиск предвестников волн-убийц, нацеленный на осуществление их заблаговременного предсказания. В работе дан обзор современного состояния исследований и обсуждены потенциальные возможности предсказания этих опасных волн.

Методы измерений и инструменты нелинейной акустики

См. **24.02-01.77**

Нелинейная акустика многофазных, пористых, резиноподобных сред, полимеров

24.02-01.80 Эволюция состава и изменение характера колебаний коагулирующей газозвеси в волновом поле акустического резонатора. *Тужмаков А.Л., Азучнов А.А. Теплофизика высоких температур.* 2022. 60, № 6, с. 873-879. Рус.

Анализируется влияние изменяющегося в процессе коагуляции фракционного состава газозвеси, заполняющей акустический резонатор, на характеристики колебаний несущей среды и дисперсных фракций при фиксированной частоте внешнего возбуждения. Продольные колебания в резонаторе создаются поршнем, перемещающимся по гармоническому закону с постоянной частотой и амплитудой. Изменение дисперсности фракций, происходящее в результате коагуляции, меняет резонансную частоту системы и характер колебаний при фиксированной частоте колебаний поршня. Динамика среды описывается системой уравнений движения полидисперсной газозвеси, включающей в себя несущую среду и несколько фракций частиц разного размера. Процесс коагуляции частиц описывается при помощи модели Смолуховского, учитывающей обмен массой, импульсом и энергией между фракциями при коалесценции. Показано, что в процессе колебаний газозвеси при первой собственной частоте для продольных колебаний несущей среды в резонаторе формируются разрывные колебания. Последующее перемещение дисперсной фазы в узлы стоячей волны скорости снижает амплитуду и меняет тип колебаний.

Нелинейная акустика структурно неоднородных сред

См. 24.02-01.79

Физическая акустика

Скорость, дисперсия, дифракция и затухание в газах и в жидкостях

24.02-01.81 Скорость звука в жидком цезии. *Новиков И.И., Трелин Ю.С., Цыганова Т.А.* Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 2, с. 450-451. Рус.

Для измерения скорости распространения ультразвука в расплавленном цезии применялся импульсно-фазовый метод переменной частоты.

24.02-01.82 Акустическая неустойчивость в неадиабатическом газе. *Глушков И.С., Кареев Ю.А.* Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 5, с. 957-962. Рус.

Исследуется устойчивость газа, содержащего источники тепловыделения, по отношению к акустическим колебаниям. Показано, что критерий Рэлея является необходимым, но недостаточным условием возбуждения возмущений в газе. Флуктуации тепловыделения могут возбуждать два вида неустойчивости в газе: аперриодическую и волновую, причем инкремент первой больше. Получена формула для характерного размера устойчивой ячейки.

24.02-01.83 Скорость звука и декремент затухания в двухфазных средах. *Дейч М.Е., Стекольников Е.В.* Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 5, с. 989-997. Рус.

Для случая распространения гармонической звуковой волны получены формулы для расчета скорости звука и декремента затухания волны в двухфазных средах, учитывающие влияние массообмена, обмена количеством движения и энергообмена между фазами.

24.02-01.84 Экспериментальные данные по скорости звука в насыщенных и перегретых парах цезия до 1280 К. *Васильев И.Н., Трелин Ю.С., Романов А.А.* Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 1, с. 59-66. Рус.

Проведены измерения скорости звука в насыщенных и перегретых парах цезия в диапазоне температур 825—1280 К и давлений 0,25—10,2 атм. Экспериментальные данные обработаны методом наименьших квадратов и получена аналитическая зависимость для скорости звука на линии насыщения и на изоэдрах в области перегретого пара. Значения скорости звука получены также для круглых температур и давлений. Экспериментальные данные сравниваются со значениями скорости звука, рассчитанными по уравнениям состояния для идеальной газовой смеси и в виральной форме.

24.02-01.85 К вопросу о расчете скорости звука в парожидкостной среде. *Радовский И.С.* Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 2, с. 310-315. Рус.

Получены выражения для времен релаксации трех независимых процессов, протекающих при распространении акустической волны в однокомпонентной парожидкостной среде и практически полностью определяющих собой макроскопические обменные процессы. Времена релаксации зависят от теплофизических свойств каждой из фаз, размеров частиц дисперсной фазы и паросодержания, причем зависимости получаются различными для систем пар—капли и жидкость—пузырьки пара. Показано, что при определенных условиях фазовые превращения в фронте звуковой волны могут происходить равновесно при любом паросодержании, в том числе и в предельных однофазных состояниях на линии насыщения.

24.02-01.86 Скорость звука в жидком Rb до 1100 К. *Новиков И.И., Трелин Ю.С., Цыганова Т.А.* Теплофизика высоких температур. 1972. 10, № 5, с. 1114-1116. Рус.

Для изучения температурной зависимости скорости звука в жидком рубидии применялся импульсно-фазовый метод пере-

менной частоты, использованный ранее для определения скорости звука в литии и цезии. Исследуемый рубидий содержал 99,64% основного вещества. Рабочий объем измерительной камеры, выполненный из стали 1X18H9T, заполнялся металлом после его вакуумной дистилляции. По результатам измерений обнаружено, что температурная зависимость скорости звука в Rb имеет линейный характер, однако температурный коэффициент изменения скорости звука в областях $T_{пл} - 770$ и $770 - 1100$ К различен. Вторая серия измерений на этой же установке с новым заполнением камеры рубидием той же партии дала согласующиеся между собой результаты.

24.02-01.87 Экспериментальное исследование скорости звука во влажных парах углекислоты. *Радовский И.С., Добриков В.В., Дробан Н.В., Чебесков А.Н.* Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 2, с. 293-297. Рус.

Описана экспериментальная установка и экспресс-методика измерения скорости ультразвука во влажных парах. Приведены экспериментальные данные о скорости ультразвука во влажном паре осушенной углекислоты, содержащей 0,2% газовых примесей, в области температур 282—289 К при частоте 200 кГц и размерах капель порядка 1 мк.

24.02-01.88 Полуэмпирический метод расчета акустических характеристик газового пламени. *Тарасюк В.А.* Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 3, с. 632-639. Рус.

Рассматривается горение предварительно перемешанных газов в цилиндрической трубе. Для определения акустических характеристик пламени по заданным проводимостям топливоподающих каналов используются законы сохранения в интегральной форме. Показывается, что для малых чисел Струхала производные от объемных интегралов могут быть найдены, если измерено распределение градиента давления по длине зоны горения. Приводится анализ частного случая турбулентного горения.

24.02-01.89 Анализ согласованности экспериментальных данных по скорости звука и плотности в парах цезия. *Трелин Ю.С., Теряев В.В., Фокин Л.Р.* Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 5, с. 998-1003. Рус.

Анализируется статистическая согласованность экспериментальных данных по плотности в перегретых парах цезия в диапазоне температур 1000—1680 К и давлений 1,1—33,2 атм и скорости звука в насыщенных и перегретых парах цезия в диапазоне 780—1280 К и 0,16—5 атм. В качестве критерия согласия используется критерий χ^2 и анализируется корректность его использования. Показано, что систематическая ошибка в рассматриваемых экспериментальных данных не превышает 0,5% на пятипроцентном уровне значимости критерия χ^2 . Получено уравнение состояния в форме вирального ряда по плотности со статистически значимыми параметрами. Значимость параметров оценивалась по критерию Фишера. Полученное уравнение состояния описывает рассматриваемые экспериментальные данные в перегретых парах цезия с точностью не хуже 0,35%.

24.02-01.90 Определение скорости распространения низкочастотных звуковых возмущений в смеси жидкости с пузырьками газа. *Гельфанд В.Е., Губин С.А., Когарко С.М., Тимофеев Е.И.* Теплофизика высоких температур. 1975. 13, № 4, с. 891-892. Рус.

Показано, что при давлении до 47 атм и концентрации газа до 0,1% можно пользоваться формулой для расчета низкочастотных звуковых возмущений.

24.02-01.91 Скорость ультразвука, адиабатическая сжимаемость и теплоемкость перегретого жидкого n -

гексана. *Ермаков Г.В., Исмагилов Р.Г. Теплофизика высоких температур.* 1976. 14, № 5, с. 1097-1099. Рус.

Впервые авторами проведены измерения скорости распространения ультразвука в перегретой жидкости.

24.02-01.92 Скорость звука в смесях гелий—ксенон в широких интервалах параметров состояния. *Станкуе С.В., Комаров С.Г., Дутова О.С., Мещалкин А.Б. Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 6, с. 1205-1213. Рус.

Методом ультразвукового интерферометра в интервале температур от 293 до 393 К при давлениях от 0,13 до 1,5—2,8 МПа измерена скорость звука U в газовых смесях гелий—ксенон с содержанием гелия 60,34, 71,72 и 85,32 ат. %. Погрешности измерения температуры, давления и скорости звука составили соответственно ± 20 мК, 4 кПа и $\pm(0,15-0,30)$ %. С помощью аппроксимации экспериментальных данных для каждого состава получены уравнения, описывающие изменение скорости звука от давления и температуры во всем интервале измерений. Выполнен анализ существующих справочных и экспериментальных данных по скорости звука в инертных газах и He—Xe-смесях. Предложен метод расчета U смесей с содержанием гелия выше 71,7 ат. % He до температуры 1500 К и давления до 7 МПа.

См. также **24.02-01.80**

Скорость, дисперсия, дифракция и затухание в жидких кристаллах, суспензиях и эмульсиях, полимерах

24.02-01.93 О характере дисперсии звука в плазме. *Синкевич О.А. Теплофизика высоких температур.* 1972. 10, № 2, с. 243-247. Рус.

Показано, что наряду с обычной дисперсией фазовой скорости, вызванной эффектами вязкости и теплопроводности, зависящей от частоты колебаний, в плазме существует добавка к фазовой скорости, не зависящая от частоты. Эта добавка зависит от плотности электрического тока и отражает влияние джоулева нагрева. При наличии магнитного поля появляется дополнительная дисперсия, которая наиболее существенна при малых частотах.

24.02-01.94 Скорость ультразвука и теплофизические свойства жидких металлов Sn, Pb, Cd и их бинарных сплавов Pb—Sn и Pb—Cd. *Марков Б.Г. Теплофизика высоких температур.* 1975. 13, № 5, с. 1108-1112. Рус.

Измерена скорость звука в жидких металлах Sn, Pb, Cd и их бинарных смесях Pb—Sn и Pb—Cd с эвтектической диаграммой плавкости.

См. также **24.02-01.83, 24.02-01.85**

Скорость, дисперсия, рассеяние, дифракция и затухание в твердых телах; упругие константы

24.02-01.95 Изменение скорости ультразвука в сплавах In—Sn, Bi—Cd и Bi—Sb при плавлении. *Магомедов А.-М.А., Пашаев Б.П. Теплофизика высоких температур.* 1971. 9, № 4, с. 746-750. Рус.

Приведены результаты измерения температурной зависимости скорости ультразвука в некоторых сплавах систем In—Sn, Bi—Cd и Bi—Sb в твердом и жидком состояниях. Обнаружено аномальное изменение скорости звука при 80—90°C в сплавах In+85 вес.%Sn и In+90 вес.%Sn которые, видимо, связаны с фазовыми превращениями.

24.02-01.96 Скорость ультразвука и сжимаемость бинарных сплавов висмут—индий. *Магомедов А.-М.А., Омаров А.М. Теплофизика высоких температур.* 1974. 12, № 3, с. 661-662. Рус.

Измерения проведены на установке УЗИС-ЛЭТИ с усовершенствованной измерительной линией на частоте 1,67 МГц. Подробное описание установки и анализ ошибок измерений приведены ранее. Для исследований использованы металлы Bi-000 и In-000. Скорость звука в каждом образце измерялась по три

раза при нагревании и охлаждении.

24.02-01.97 Скорость ультразвука и сжимаемость бинарных сплавов системы висмут—галлий. *Магомедов А.-М.А., Исмаилов М.А., Пашаев Б.П. Теплофизика высоких температур.* 1975. 13, № 5, с. 1106-1108. Рус.

Приведены результаты измерения скорости звука в галлии и сплавах Bi—Ga с содержанием 38,5; 56,2; 81,6; 92,4; 96,4 ат.% Ga при температурах до 400°C.

См. также **24.02-01.27, 24.02-01.28, 24.02-01.77, 24.02-01.94**

Акустика ГГц частот; Бриллюэновское рассеяние

См. **24.02-01.77**

Акустическая кавитация, сонолюминесценция

24.02-01.98 Движение ударников различных конструкций в воде в условиях суперкавитации. *Ищенко А.Н., Буркин В.В., Афанасьева С.А., Дьячковский А.С., Сидоров А.Д., Чупашев А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 296-299. Рус.

Рассмотрено влияние некоторых конструкционных особенностей суперкавитирующего ударника на его движение в воде в широком диапазоне начальных скоростей. Показана возможность проектирования устойчивых к возмущениям высокопрочных суперкавитирующих ударников для движения в широком диапазоне скоростей в воде.

24.02-01.99 Исследование меридианальной изменчивости кавитационной прочности морской воды в Филиппинском море. *Мельников Н.П. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 308-311. Рус.

Впервые приводятся экспериментальные данные величины кавитационных порогов на меридианальном разрезе. Обсуждается пространственная изменчивость величины кавитационных порогов и других параметров морской воды. Измерения были выполнены в 14 рейсе Научно-исследовательского судна «Академик Александр Виноградов» весной 1989 года. Отмечается значительная изменчивость этих параметров при пересечении водных масс от 126° в.д. до 140° в.д. на широте около 15° с.ш.

См. также **24.02-01.73**

Ультразвуковая релаксация в газах, жидкостях и твердых телах

24.02-01.100 Теоретическое исследование теплофизических, механических и ультразвуковых свойств слоев NbN на подложках из MgO (001) при высоких температурах. *Prajapati A.K., Chaurasiya V., Yadaava P.K. Теплофизика высоких температур.* 2023. 63, № 6, с. 877-885. Рус.

Рассчитаны упругие, механические и теплофизические свойства слоев NbN/MgO (001) в интервале температур 600—900°C с использованием упругих констант более высокого порядка. С учетом двух фундаментальных факторов — расстояния до ближайшего соседа и параметра твердости — упругие постоянные второго и третьего порядка оцениваются с использованием подходов потенциала Борна—Майера. Вычисленные значения постоянной второго порядка также используются для расчета модуля Юнга, теплопроводности, анизотропии Зенера, модуля объемного сжатия, плотности тепловой энергии, модуля сдвига, а также коэффициента Пуассона с целью оценки тепловых и механических свойств слоев NbN/MgO (001). Упругая постоянная второго порядка также используется для расчета скоростей волн для сдвиговых и продольных мод распространения вдоль кристаллических ориентаций [100], [110], [111]. Оценены зави-

сящие от температуры средняя скорость Дебая, твердость и ультразвуковые параметры Грюнайзена. Отношение трещиностойкости B/G в текущем исследовании превышает 1.75, и наноструктурированный слой NgN/MgO (001) является пластичным в рассматриваемом температурном диапазоне. Выбранные материалы полностью удовлетворяют требованиям Борна по механической стабильности. Рассчитано время тепловой релаксации, а также ослабление ультразвуковых волн за счет термоупругой релаксации и механизма фонон-фононного взаимодействия. Результаты вместе с другими хорошо известными физическими характеристиками полезны для инженерного применения.

24.02-01.101 К расчету теплопроводности молекулярных газов по данным ультразвуковых измерений. Алиевский М.Я. Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 2, с. 292-295. Рус.

Рассчитывается коэффициент теплопроводности кислорода и азота по формуле, полученной ранее использованием экспериментальных данных по поглощению звука для вычисления вращательного столкновительного числа. Совпадение рассчитанного участка температурной кривой с экспериментом подтверждает теоретическую формулу независимо от выбора модели для описания столкновения возбужденных молекул.

24.02-01.102 К изучению ультразвукового нагрева стержней. Балалаев Ю.Ф. Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 4, с. 859-862. Рус.

Рассмотрены различные тепловые режимы стержней при ультразвуковом нагреве. Для регулирования степени нагрева и амплитуды температурных колебаний использован магнитострикционный резонатор с индуктивным датчиком и четырехполюсником обратной связи. Проверены оценки плотности тепловыделения при использовании импульсного, регулярного (третьего рода) и стационарного режимов в интервале температур 100–1000 °C.

24.02-01.103 Об измерении пульсаций температуры жидкости с помощью ультразвука. Стефанов С.Р., Трохан А.М. Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 6, с. 1307-1309. Рус.

Описано применение ультразвука с оптической регистрацией его распространения для измерения локальных пульсаций температуры фазовым методом при свободной конвекции.

24.02-01.104 Влияние ультразвука на свойства угля. Камбарова Г.В., Жоробекова Ш.Ж., Худайбергенова Э.М. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2023. № 9, с. 35-39. Рус.

Заключение. Ультразвуковая обработка угля представляет собой перспективный метод для изменения его структуры и свойств, а значит, и для улучшения его сорбционной активности. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к разработке более эффективных целенаправленных методов обработки угля.

См. также **24.02-01.82, 24.02-01.95**

Плазменная акустика

24.02-01.105 Получение наноразмерных материалов в плазменных разрядах и ультразвуковой кавитации. Булычев Н.А. Теплофизика высоких температур. 2021. 59, № 4, с. 600-633. Рус.

Рассмотрены физические методы получения наноразмерных материалов и структур в жидкофазных средах, характеризующиеся воздействием высоких энергий на вещество: синтез наноматериалов в плазме и под действием интенсивных ультразвуковых колебаний выше порога кавитации. Показано, что жидкофазные плазмохимические реакции в определенном смысле похожи на сонохимические реакции, поскольку оба этих вида процессов представляют собой локальную концентрацию высоких энергий в жидких реакционных средах. Проанализированы данные экспериментальных и теоретических работ отечественных и зарубежных исследователей по плазмохимическому и сонохимическому синтезу наноматериалов различного состава

и структуры и показано, что приложение источников высокой энергии к химическим процессам способно существенно изменить их ход и дать возможность синтезировать наноразмерные материалы, получение которых в иных условиях невозможно или имеет низкую скорость и малый выход конечного продукта. Показана перспективность продолжения подобных работ в будущем для развития методов синтеза и исследования свойств наноматериалов. Показано, что комбинированное воздействие на жидкую среду ультразвуковых колебаний высокой интенсивности выше порога кавитации и импульсных или стационарных электрических полей приводит к возникновению в кавитирующей жидкой среде особой формы электрического разряда, до сих пор являющегося малоизученным физическим явлением, обладающим оригинальными электрофизическими и оптическими характеристиками, и исследование его как метода направленного синтеза наноразмерных материалов представляет собой новую научную задачу.

24.02-01.106 Плазмохимический синтез наноразмерных бактерицидных частиц под действием ультразвуковой кавитации. Булычев Н.А., Иони Ю.В., Димитриева С.Е., Чеботарев С.Н., Рабинский Л.Н. Теплофизика высоких температур. 2021. 59, № 5, с. 770-773. Рус.

Показано, что комбинированное воздействие на жидкую среду ультразвуковыми колебаниями высокой интенсивности (выше порога кавитации) и импульсными или стационарными электрическими полями приводит к возникновению в кавитирующей жидкой среде особой формы плазменного разряда. Этот тип разряда является новым, малоизученным до сих пор физическим явлением, обладающим оригинальными электрофизическими и оптическими характеристиками. В таком разряде были синтезированы наноразмерные частицы оксидов цинка, алюминия, меди, титана и железа с размерами 20–50 нм в зависимости от материала с узким распределением по размерам. Показано, что синтезированные наноразмерные частицы обладают антибактериальной активностью в отношении патогенных микроорганизмов, при этом антибактериальная активность усиливается под действием интенсивного ультразвука.

24.02-01.107 Пылевые потоки в нелинейных пылеакустических волнах в плазме. Дубинов А.Е., Китавев И.Н. Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 1, с. 11-17. Рус.

Построена линейная теория гармонических пылеакустических волн в пылевой плазме. В ее рамках установлен закон дисперсии таких волн и выведена формула для скорости пылевого звука. Развита также нелинейная теория пылеакустических волн, в рамках которой получена формула для псевдопотенциала Сагдеева. Ее анализ показал существование дозвуковых периодических пылеакустических волн и сверхзвуковых пылеакустических солитонов. Вычислены средние потоки пылинок в периодической пылеакустической волне и в последовательности пылеакустических солитонов. Показано, что поток пылинок в периодической пылеакустической волне направлен против фазовой скорости волны и, наоборот, поток пылинок переносится солитонами в направлении своего движения.

24.02-01.108 Ионизационное возбуждение ионного звука. Настоящий А.Ф. Теплофизика высоких температур. 1965. 3, № 5, с. 801-802. Рус.

Неравновесная разрядная плазма при наличии преимущественной, ионизации в объеме (электронным ударом) может быть неустойчивой по отношению к возбуждению ионного звука. Волны раскачиваются независимо от направления распространения. Для достаточно длинноволновых возмущений колебательная неустойчивость переходит в аperiodическую (плазма монотонно переходит в новое состояние равновесия). По видимому, такого типа неустойчивость наблюдалась в ряде экспериментов в цезиевых термоэмиссионных преобразователях.

24.02-01.109 Возбуждение ионно-звуковых волн в калиевой и цезиевой плазме. Бучельникова Н.С., Салимов Р.А. Теплофизика высоких температур. 1966. 4, № 1, с. 27-34. Рус.

Описано исследование возбуждения ионно-звуковых волн в почти изотермической калиевой и цезиевой плазме ($T_e \sim T_i$) при

пропускании по ней тока. Найдены собственные частоты ограниченной системы в случае, когда плазма дрейфует вдоль ее оси. Показано, что возбуждаемые при пропускании тока колебания являются ионно-звуковыми; в частности, найдено, что для калия их фазовая скорость, равная $(2,9+0,5) \cdot 10^5$ см/сек, согласуется с расчетной $c_{расч} = \sqrt{(\gamma_e T_e + \gamma_i T_i) / M} = (2,4 \pm 0,1) \cdot 10^5$ см/сек и с непосредственно измеренной при возбуждении ионного звука внешним сигналом $c_{эв} = (3 \pm 0,4) \cdot 10^5$ см/сек.

24.02-01.110 Экспериментальное исследование распределения параметров в однофазной и двухфазной дозвуковых плазменных струях. Сузов Н.С. Теплофизика высоких температур. 1969. 7, № 2, с. 304-312. Рус.

Экспериментально исследовано распределение скорости и температуры в однофазной и двухфазной (степень двухфазности до $\sim 4,4$) плазменных струях. Показано, что введение конденсированной фазы в поток плазмы может существенно снизить температуру и скорость газа. Установлено, что имеет место интенсивное убывание параметров струи вниз по потоку. Показано также, что распределение параметров в поперечных сечениях основного участка струи удовлетворительно описывается соответствующими кривыми Шлихтинга. Найдены значения чисел Рейнольдса, определяющие изменение режима течения в аргоновом плазменном потоке на срезе сопла.

24.02-01.111 Акустические колебания канала разряда в импульсных трубчатых лампах больших размеров. Деменик И.В., Мнускин В.Е., Середа Н.И., Соловей Д.П. Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 2, с. 443-444. Рус.

При исследовании разряда в импульсных трубчатых лампах оказалось, что развитие разряда сопровождается акустическим и колебаниям и его канала. Ранее исследовались колебания интенсивности излучения гелиевой плазмы при криогенных температурах в сферическом сосуде. Авторы работы (Л.В. Бабин, А.Я. Балагуров, М.А. Плышевский. ТФТ, 1969, №3) предложили по колебаниям канал а разряд а в стандартных импульсных лампах типов ИФП-80 0 и ИФП-500 0 оценивать температур у плазмы канал а разряда, предполагая, что в случае пробоя вблизи стенки ламп будет осуществляться самый низкий несимметричный тип колебаний. Авторами изучались колебания канал а разряд а в импульсных ксеноновых трубчатых лампах диаметром разрядного промежутка 18—35 мм и длиной 580 мм при начальном давлении $p_0 = 150—300$ мм рт. ст. Был экспериментально проверен тип колебаний и оценена температур а плазмы разряда.

24.02-01.112 Акустическая неустойчивость плазмы с током. Глушков И.С., Кареев Ю.А. Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 1, с. 1-11. Рус.

В рамках линейной теории исследуется устойчивость плазмы с током к акустическим колебаниям. Флуктуации джоулева тепла могут возбуждать в ней два вида неустойчивостей: волновую и апериодическую, причем в реальной плазме они могут существовать как одновременно, так и в отдельности. Найдены условия, при которых в плазме возбуждаются акустические возбуждения того или иного вида. Получено выражение для определения размера, в объеме которого плазма устойчива к апериодическим возмущениям. Результаты численных расчетов хорошо согласуются к экспериментальными данным.

24.02-01.113 Акустическая неустойчивость неизоэнтальной плазмы в магнитном поле. Недоспасов А.В., Пашикин С.В. Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 3, с. 457-461. Рус.

Рассмотрена неустойчивость акустических колебаний двухтемпературной плазмы, в скрещенных электрическом и магнитном полях. Показано, что инкремент неустойчивости и структур развивающихся неоднородностей существенно зависят от отношения температуры электрона к температуре тяжелой компоненты плазмы.

24.02-01.114 Влияние сильных магнитных полей на акустические колебания в низкотемпературной плазме. Асиновский Э.И., Синкевич О.А. Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 4, с. 694-702. Рус.

Исследуется влияние сильных магнитных полей и плотностей

электрического тока на акустические колебания, распространяющиеся в плоскости, перпендикулярной невозмущенному магнитному полю. Невозмущенная среда неоднородна. Показано, что существует возможность подавления неустойчивости среды сильными магнитным полем. Приводятся границы областей устойчивости.

24.02-01.115 О развитии акустической и перегретой неустойчивостей в плазме с молекулярными примесями. Кружильни Н.А. Теплофизика высоких температур. 1973. 11, № 1, с. 14-18. Рус.

Рассматривается дисперсия, поглощение звука и локальный перегрев газа в неизоэнтальной плазме с молекулярными добавками с током в поперечном магнитном поле при низких концентрациях электронов.

24.02-01.116 Акустическая неустойчивость ограниченной слабоионизованной плазмы. Ганефельд Р.В., Панасевич Л.Л. Теплофизика высоких температур. 1973. 11, № 2, с. 405-407. Рус.

В приближении работы — Р.В. Ганефельд, Л.Л. Панасевич (III Всес. конф. по физике низкотемпературной плазмы. М.: Изд. МГУ. 1971. Тез. докл.) проводится двумерный анализ акустической неустойчивости дозвукового потока плазмы.

24.02-01.117 Особенности акустической неустойчивости низкотемпературной плазмы в ограниченных объемах. Голубев В.С., Лебедев В.Ф. Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 2, с. 259-266. Рус.

Расчетным и экспериментальным путем исследуется возможность развития акустической неустойчивости в ограниченной низкотемпературной плазме в магнитном поле. При расчете помимо границ учитывается влияние таких диссипативных процессов, как вязкость и теплопроводность. Приводятся формулы, позволяющие предсказать существование акустической неустойчивости и определить ее наиболее вероятные моды и ожидаемый спектр частот. Наблюдается качественное согласие приведенной теории с проведенным авторами экспериментом.

24.02-01.118 Влияние СВЧ-поля на ионно-звуковую неустойчивость однородной плазмы. Возмин П.А., Климовский И.И. Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 6, с. 1306-1307. Рус.

Рассматривается в гидродинамическом приближении возможность стабилизации ионно-звуковой неустойчивости однородной слабоионизованной плазмы с замагниченной электронной компонентой постоянным в пространстве СВЧ-электрическим полем $E_{\Omega} = E_0 \cos \Omega t$ с частотой Ω много большей характерных плазменных частот.

24.02-01.119 Влияние акустических волн, возникающих в разрядном промежутке, на работу импульсного СО₂-лазера в частотном режиме. Веденов А.А., Дробязко С.В., Книжников В.Н., Турундаевский В.В. Теплофизика высоких температур. 1975. 13, № 2, с. 425-427. Рус.

Обнаружено и исследовано влияние акустических волн, возникающих при импульсном электрическом разряде, на частоту повторения импульсов и предложен способ повышения предельной частоты следования импульсов.

24.02-01.120 Подавление ионно-звуковой столкновительной неустойчивости газоразрядной замагниченной плазмы СВЧ-электромагнитным полем. Батенин В.М., Возмин П.А., Зродникова Н.М., Климовский И.И. Теплофизика высоких температур. 1977. 15, № 4, с. 722-727. Рус.

В плазме газового разряда низкого давления в воздухе в слабом магнитном поле ($\omega_{ce} \nu_{en}^{-1} \sim 1$) имеют место колебания с частотой порядка 10^5 Гц, которые могут быть идентифицированы, как высшие азимутальные моды ионнозвуковой неустойчивости тонкого слоя слабоионизованной плазмы в электрическом и магнитном полях. Исследовано влияние слабого СВЧ-поля на колебания указанного типа. Показана принципиальная возможность их подавления. Получены и объяснены зависимости степени подавления неустойчивости СВЧ-полем постоянного уровня мощности от тока разряда и величины внешнего магнитного поля.

См. также 24.02-01.93

Наноакустика, акустика тонких пленок и капель с наночастицами

См. 24.02-01.105, 24.02-01.106

Поверхностные волны в твердых телах и жидкостях

24.02-01.121 Исследование трансформации приповерхностных слоев арсенида галлия под воздействием света с помощью поверхностных акустических волн. *Брянцева Т.А., Марков И.А., Тен Ю.А. Радиотехника и электроника.* 2021. 66, № 5, с. 490-499. Рус.

С помощью поверхностных акустических волн (ПАВ) в работе исследовались изменения состояния приповерхностного слоя полупроводящего (111) GaAs, находящегося на воздухе, под воздействием белого света. Показано, что в зависимости от величины интенсивности света и уровня мощности ПАВ усиливаются или ослабляются реакции взаимодействия с молекулами, атомами и заряженными частицами воздушной среды. Рассмотрена роль стоячих акустических волн, возникающих в приповерхностных слоях арсенида галлия, а именно концентрация эффектов взаимодействия в местах наибольшей освещенности в результате дифракции света на стоячих акустических волнах. Найдено, что при этом в пятнах дифракции формируются зародыши (Ga+As), покрытые слоями соединений с кислородом и углеродом, либо растущие, либо растекающиеся, и формирование слоя оксида приводит к переориентации поверхности GaAs.

24.02-01.122 Лазерное считывание радиосигналов с устройств на поверхностных акустических волнах. *Козмоцкий В.А. Радиотехника и электроника.* 2022. 67, № 12, с. 1200-1209. Рус.

Рассмотрены оптоэлектронные схемы, предназначенные для считывания радиосигналов с линий задержки на поверхностных акустических волнах (ПАВ), в которых вместо второго, считывающего встречно-штыревого преобразователя применена схема лазерного зондирования ПАВ с фазовой дифракционной решеткой. Приведены примеры и методика расчета амплитуды сигнала и отношения сигнала к шуму на выходе канала лазерного считывания при различных параметрах схем. Представлены результаты экспериментов по считыванию импульсных радиосигналов с длительностями в несколько микросекунд. Отмечены особенности метода лазерного считывания: возможность плавной регулировки времени задержки выходного сигнала относительно входного и исключения отражения поверхностной волны от считывающего встречно-штыревого преобразователя.

См. также 24.02-01.35, 24.02-01.36

Акустоэлектроника

24.02-01.123 Реконструкция переменных свойств пьезоэлектрического стержня. *Ватутьян А.О., Юров В.О. Проблемы прочности и пластичности.* 2023. 85, № 3, с. 340-355. Рус.

Рассмотрена задача реконструкции переменных характеристик (пьезомодуля и упругой податливости) функционально-градиентного электроупругого стержня в установившихся колебаниях при задании некоторой дополнительной информации. Для формулировки операторных соотношений, связывающих искомые и измеряемые характеристики, исследованы два вида воздействия: путем подачи разности потенциалов на электроды и путем воздействия силой на торец стержня; в первом случае торцы стержня свободны от напряжений и осуществляется измерение тока, а во втором случае один из концов стержня жестко зашпленен, отсутствуют электроды и измеряется амплитуда колебаний свободного конца. В безразмерной форме даны постановки соответствующих краевых задач. Построены асимптотические (квадратичные по частотному параметру) форму-

лы для амплитудно-частотных характеристик тока и перемещений в низкочастотном диапазоне. Обратная задача решается на основе данных об амплитудно-частотных характеристиках тока и перемещений в некотором частотном диапазоне. Решение обратной задачи начинается с процедуры выбора начального приближения, а затем строится итерационный процесс, причем на каждой итерации решается прямая задача с известными характеристиками и находятся поправки на основе решения системы интегральных уравнений Фредгольма первого рода с гладкими ядрами в рамках метода регуляризации А.Н. Тихонова. Для отыскания начального приближения использованы построенные асимптотические формулы, а также метод минимизации функционала невязки. Описаны условия, при которых возможна неединственность решения обратной задачи. Представлены результаты вычислительных экспериментов по одновременному восстановлению двух функций, проведен анализ выбора наиболее информативных частотных диапазонов, рассмотрены различные способы задания начального приближения. Для контроля сходимости итерационного процесса найдены зависимости невязки для амплитудно-частотных характеристик и погрешности реконструкции от номера итерации.

24.02-01.124 Некоторые этапы развития акустооптики во ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений. *Мазур М.М. Физические основы приборостроения.* 2023. 12, № 2, с. 12-24. Рус.

Работа посвящена некоторым важным эпизодам истории развития исследований и разработок в области акустооптики во ВНИИ физико-технических и радиотехнических измерений, которая насчитывает 50 лет, связана с деятельностью выдающегося ученого, академика Российской академии наук В.И. Пустовойта и созданного им научного коллектива. Основное внимание уделено технологии конверсии продольной ультразвуковой волны в медленную сдвиговую в акустооптических ячейках из парателлурита. Описаны отличительные свойства и влияние, которое эта технология оказала на развитие акустооптического приборостроения во ВНИИФТРИ.

24.02-01.125 Калибровка мультиспектральных оптических систем с использованием акустооптического фильтра. *Булатов К.М., Быков А.А., Зинин П.В., Малыгина И.В. Физические основы приборостроения.* 2023. 12, № 2, с. 32-37. Рус.

Описан метод пространственной калибровки матричных фотоприемников мультиспектральных камер с использованием двойного акустооптического спектрального фильтра изображений. Такая калибровка фотоприемников необходима для проведения спектральных измерений, в том числе в целях дистанционного измерения пространственного распределения температуры. Разработанный метод пространственно-спектральной калибровки мультиспектральной камеры был опробован на восьмичувствительной мультиспектральной камере. Показано, что спектральная чувствительность отдельных спектральных элементов камеры принципиально отличается от профилей спектральных каналов, представленных разработчиком, и калибровка позволяет объективно оценить применимость камеры для определения спектральных характеристик объектов с разным типом спектра. Данный метод применим также и для камер с большим числом спектральных каналов.

24.02-01.126 Пространственно-временное моделирование фотоупругого взаимодействия в акустооптической линии задержки. *Агаев Э.А., Ахмедов Р.А., Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Рустамов А.Р., Садызов М.В., Эйнуллаев В.С. Физические основы приборостроения.* 2023. 12, № 2, с. 38-49. Рус.

Построена математическая модель фотоупругого взаимодействия в акустооптической линии задержки (АОЛЗ) на основе пространственно-временной интерпретации ее работы. Основными параметрами моделирования являются диаметр светового пучка и скорость распространения акустической волны в фотоупругой среде, которые оптимизированы с учетом длительности входного импульса. Показано, что при различных соотношениях основных параметров и длительности входного импульса напряжение на выходе АОЛЗ формируются по различным механизмам. Получены соответствующие уравнения для

расчета формы и параметров выходного сигнала для прямоугольного входного импульса. Установлено, что во всех случаях выходное напряжение находится как сумма трех составляющих. Показано, что если длительность импульса на входе АОЛЗ больше времени пересечения оптического пучка упругим волновым пакетом, то длительность импульса на ее выходе будет равна длительности входного импульса. В случае, когда длительность входного импульса меньше времени пересечения оптического пучка упругим волновым пакетом, длительность выходного импульса будет определяться временем распространения упругого волнового пакета в апертуре оптического пучка. Полученные уравнения, установленные положения и закономерности подтверждаются численными расчетами. Результаты численного анализа проверены экспериментально на макете АОЛЗ. Проведён сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, подтверждающий однозначную адекватность разработанной модели фотоупругого взаимодействия в АОЛЗ.

24.02-01.127 Стенд для исследования сердечно-сосудистой системы *Danio regio* методами акустической и оптической микроскопии. *Титов С.А., Богаченков А.Н., Зыкова Л.А., Гурьева А.В., Бурлаков А.Б., Мачигин А.С. Физические основы приборостроения.* 2023. 12, № 2, с. 86-93. Рус.

Разработан экспериментальный стенд, предназначенный для исследования *in vivo* сердечно-сосудистой системы рыбы *Danio regio* методами акустической и оптической микроскопии. Он позволяет одновременно записывать ультразвуковые и оптические данные с противоположных сторон организма, обеспечивая их пространственную и временную синхронизацию. С помощью стенда исследованы особи *Danio regio*, находящиеся на эмбриональной, личиночной и мальковой стадиях развития. Показано, что совместная обработка акустических и оптических данных позволяет определять пространственно-временное распределение скорости кровотока в области сердца и измерять размеры его камер в различных направлениях.

24.02-01.128 Беспроводная система связи в субтерагерцовом частотном диапазоне. *Бирюков В.В., Вакс В.Л., Капустин С.А., Малахов В.А., Панин А.Н., Приползин С.И., Раевский А.С., Раевская Ю.В., Щербаков В.В. Физика волновых процессов и радиотехнические системы.* 2023. 26, № 4, с. 48-59. Рус.

Обоснование. Субтерагерцовый и терагерцовый диапазоны частот перспективны для создания высокоскоростных беспроводных сетей связи из-за возможности получения полосы пропускания в несколько десятков гигагерц, что обеспечивает высокую пропускную способность. Однако быстрое ослабление сигнала при распространении в атмосфере создает сложности в обеспечении работы сетей связи этих диапазонов. Цель. Применение фиксированных узконаправленных антенн с большим коэффициентом усиления позволяет обеспечить дальность прямой наземной связи на расстоянии до нескольких километров. Ограничение на дальность связи можно частично снять понижением частоты до 200 ГГц и уменьшением ширины полосы пропускания канала до единиц. Методы. В работе описан макет приемно-передающего устройства (200–220 ГГц) на основе современных полупроводниковых приборов. Результаты. Экспериментально показана возможность передачи цифровых сигналов со скоростью до 1 Гбит/с на расстояние 1 км. Заключение. Согласно расчетам, мощности на выходе передатчика в несколько сотен микроватт достаточно для передачи данных на расстояние до 1,5 км при коэффициенте усиления антенны не менее 50 дБ.

24.02-01.129 Исследование пространственного распределения пьезоэлектрических свойств пленки ZnO методом акустической резонантной спектроскопии. *Алексеев С.Г., Лузанов В.А., Ползикова Н.И. Радиотехника и электроника.* 2020. 65, № 11, с. 1131-1136. Рус.

С помощью метода широкополосной акустической резонантной спектроскопии обнаружено, что изменение расстояния от подложки до оси магнетрона при нанесении пленки ZnO методом магнетронного распыления приводит к почти двукратному увеличению частоты оптимального возбуждения составного

СВЧ-резонатора сдвиговых объемных акустических волн. Проведено моделирование частотных характеристик резонантной структуры и предложено объяснение изменения частоты оптимального возбуждения неоднородностью наклона оси текстуры пленки ZnO по толщине.

24.02-01.130 Температурные эффекты в акустооптических модуляторах терагерцевого излучения на основе сжиженного элегаза. *Никитин А.К., Никитин П.А. Радиотехника и электроника.* 2021. 66, № 11, с. 1140-1144. Рус.

Разработана модель квазиортогонального акустооптического взаимодействия в сжиженном элегазе, учитывающая влияние температуры элегаза на параметры, определяющие акустооптическую дифракцию: плотность, скорость звука, показатель преломления, коэффициенты поглощения излучения и ультразвука. Установлено, что оптимальными условиями для максимальной глубины модуляции терагерцевого излучения с длиной волны 119 мкм являются температура 0°C и давление 17 бар.

24.02-01.131 Особенности детектирования электрических характеристик проводящих жидкостей с помощью нормальных акустических волн. *Анисимкин В.И., Кузнецова И.Е., Шамсутдинова Е.С. Радиотехника и электроника.* 2022. 67, № 8, с. 807-815. Рус.

Показано, что при измерении электрических характеристик жидких проб с помощью нормальных акустических волн ключевое значение имеет снижение уровня электромагнитной наводки по сравнению с амплитудой акустического сигнала на величину не менее 10 дБ, что может быть обеспечено путем размещения тестируемой пробы в зазоре между встречно-штыревыми преобразователями на пластине и/или электронного подавления наводки в измерительном приборе. Обнаружено, что в отличие от акустоэлектронного взаимодействия объемных и поверхностных волн в пьезополупроводниках зависимости поглощения мод Лэмба в пьезопластинах от проводимости σ жидкостной нагрузки имеет несимметричный характер; при этом селективное измерение проводимости σ затруднено из-за перекрестной чувствительности волн к диэлектрическим ϵ и вязкостным η свойствам жидкости. Найдено, что при известных или слабо меняющихся значениях ϵ и η величина σ находится в диапазоне 0–10 См/м, чувствительность нормальных волн достигает 0.4 дБ/(См/м) по амплитуде и 4.4°/(См/м) по фазе, требуемый объем пробы составляет не более 200–500 мкл.

24.02-01.132 Исследование ультразвукового поля в акустооптическом кристалле акустическими методами. *Титов С.А., Мачигин А.С., Пожар В.Э., Булатов М.Ф. Радиотехника и электроника.* 2022. 67, № 12, с. 1192-1199. Рус.

Представлены два метода оценки структуры акустического поля, создаваемого в рабочей среде акустооптического (АО) модулятора его ультразвуковым излучателем. В первом методе в качестве чувствительного инструмента используется акустический микроскоп, фокусируемый на торцевую грань кристалла, противоположную той, на которой расположен пьезопреобразователь. Второй метод основан на использовании самого излучателя в качестве приемного элемента коротких акустических импульсов. Методы протестированы на рабочих образцах серийных АО-модуляторов. В результате проведенных экспериментальных исследований выявлены особенности поля акустического излучателя, в частности, наличие переотраженных волн и различие амплитуд волн, возбуждаемых разными секциями излучателя. Показано, что исследованные методы могут эффективно использоваться для контроля структуры акустических полей в рабочей среде АО-устройств.

См. также **24.02-01.20**

Магнитоакустический эффект, осцилляции и резонанс

24.02-01.133 О возможном развитии акустической неустойчивости в системе камера сгорания—дозвуковой МГД-генератор. *Колесников В.К., Недоспасов А.В., Побережский Л.П. Теплофизика высоких*

температур. 1974. 12, № 3, с. 614-617. Рус.

В рамках принятых допущений составлена математическая модель системы камера сгорания—канал МГД-генератора и записано характеристическое уравнение, позволяющее определить собственные частоты акустических колебаний и их инкременты (декременты). Проведены численные расчеты. Исследовано влияние отдельных элементов модели на устойчивость акустических колебаний. Рассмотрена обратная связь между зоной горения и остальным акустическим трактом, вызванная переходом пульсации энтропии, генерируемой зоной горения, в акустические пульсации. Рассмотрен механизм возникновения таких пульсаций.

24.02-01.134 Исследование диссипации акустических колебаний в магнитном поле. *Воробьев А.П., Росляков В.Н., Щербинин В.И. Теплофизика высоких температур.* 1975. 13, № 4, с. 694-700. Рус.

Проведено экспериментальное исследование диссипации продольных акустических колебаний электропроводного газа во внешнем поперечном магнитном поле. Работа выполнена на установке с электродуговым подогревом газа. Дополнительная диссипация в магнитном поле определялась сравнением амплитудно-частотных характеристик рабочей камеры, построенных по шумам, при наличии и в отсутствие магнитного поля. Параметры плазмы $T \approx 4000$ К и $P \approx 15$ атм, рабочие тела — азот или гелий с ионизирующей присадкой цезия, величина магнитного поля 1,3 тл. Теоретические оценки джоулевой диссипации акустических колебаний, проведенные методом энергетического баланса, согласуются с результатами эксперимента.

24.02-01.135 Акустические свойства дозвукового МГД-канала. *Ермолаева Г.К., Скабин А.П., Поляков О.Л., Тарасюк В.А. Теплофизика высоких температур.* 1976. 14, № 2, с. 372-377. Рус.

Излагается методика, позволяющая рассчитать акустические характеристики дозвукового МГД-канала практически для любых частот продольных колебаний, и на ее основе анализируется канал с параметрами, близкими к принятым в электростанции У-25.

24.02-01.136 Акустическое двулучепреломление в составном магнитоакустическом резонаторе. *Ползиков Н.И., Алексеев С.Г. Радиотехника и электроника.* 2022. 67, № 12, с. 1210-1215. Рус.

Рассмотрена одномерная модель акустической резонаторной структуры с ферромагнитным слоем на немагнитной подложке и пьезоэлектрическим тонкопленочным пьезопреобразователем. Акустическая генерация спиновых волн в условиях двойного резонанса: магнитоупругого резонанса в магнитном слое и чисто упругого во всей многослойной структуре, характеризуется поведением электрического импеданса преобразователя в магнитном поле. Получено аналитическое выражение для импеданса, при выводе которого учитывалась разориентация поляризации преобразователя и магнитного поля. Численные расчеты показали, что даже слабая разориентация $\sim 5^\circ$ приводит к проявлению эффекта акустического двулучепреломления.

24.02-01.137 Резонансное возбуждение акустических колебаний сферических тонких пленок электромагнитными волнами. *Заргано Г.Ф., Харланов А.В. Радиотехника и электроника.* 2023. 68, № 10, с. 965-972. Рус.

Рассмотрена возможность возбуждения акустических колебаний сферической тонкой пленки электромагнитными волнами. Дано сравнение численного и аналитического решения. Введено понятие пространственного резонанса. Показано, что важна не только частота, но и длина волны. Полученные результаты могут быть использованы для измерения параметров различных сред и в медицинских целях.

См. также **24.02-01.108, 24.02-01.109, 24.02-01.113, 24.02-01.114, 24.02-01.120**

Акустооптические эффекты, оптоакустика, акустическая визуализация, акустическая микроскопия и акустическая голография

24.02-01.138 Температурная зависимость акустического двулучепреломления поперечных упругих волн в поликристаллическом алюминии. *Гончар А.В., Мишакин В.В., Ключников В.А. Проблемы прочности и пластичности.* 2023. 85, № 1, с. 77-85. Рус.

Приведены результаты исследования температурных зависимостей скоростей поперечных упругих волн поликристаллического алюминиевого сплава АД0 в диапазоне температур от 20 до 45°C. Для исследуемого материала определена температурная зависимость параметра акустического двулучепреломления, характеризующего расщепление поперечной ультразвуковой волны на две ортогонально поляризованные волны, распространяющиеся с разными скоростями. Расчет параметра акустического двулучепреломления проводился по данным прецизионного измерения времени распространения поперечных упругих волн (погрешность измерения времени распространения 1–2 нс), поляризованных вдоль и поперек направления проката. Теоретические исследования показали, что для материалов со слабой анизотропией температурная зависимость параметра акустического двулучепреломления в основном связана с влиянием температуры на упругую анизотропию кристаллов, составляющих поликристаллический материал, и с характеристикой кристаллографической текстуры — коэффициентом функции распределения ориентировок $W420$. Приведены поправки к величине параметра двулучепреломления при изменении температуры. Экспериментально получено, что параметр акустического двулучепреломления при повышении температуры увеличивается на 9%, что необходимо учитывать при его использовании в качестве диагностического параметра для оценки изменения характеристик статической и усталостной прочности. Предложен алгоритм оценки прогнозирования температурной зависимости параметра акустического двулучепреломления однофазного материала при изменении кристаллографической текстуры в результате, например, пластического деформирования. Получено хорошее согласование прогнозируемой температурной зависимости параметра акустического двулучепреломления с экспериментальной зависимостью — погрешность отклонения расчетной кривой от экспериментальной составила 0,2–2% в температурном диапазоне 20–45°C.

24.02-01.139 Электрогирационный высоковольтный измеритель напряжения. *Аргангельский В.Б., Вестугин А.Р., Казаков В.И., Шакин О.В. Датчики и системы.* 2023, № 4-1, с. 51-55. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.25728/datsys.2023.4.1.8> Рассмотрены вопросы, связанные с приборами для измерения напряжения в высоковольтных линиях передачи энергии, основанные на эффекте электрогирации. Приведены структурная схема электрогирационного измерителя переменного высоковольтного напряжения, а также макеты устройств, защищенных патентами Российской Федерации. Ключевые слова: электрогирационный измеритель переменного высоковольтного напряжения, эффект электрогирации, кристаллы двойного молибдата натрия висмута, эффект Фарадея, акустооптика.

24.02-01.140 Времяразрешающая рентгеноакустическая дифрактометрия перспективных кристаллических материалов в условиях одноосных механических нагрузок. *Акжуратов В.И., Благоев А.Е., Писаревский Ю.В., Таргонский А.В., Элиович Я.А., Моисеева Н.А., Ковальчук М.В. Радиотехника и электроника.* 2021. 66, № 10, с. 1011-1016. Рус.

Предложена времяразрешающая методика исследования перспективных кристаллических материалов для компонент микро- и оптоэлектронных приборов в условиях внешней механической нагрузки с помощью специально разработанного рентгеноакустического дифрактометра. Методика позволяет проводить быстрые (вплоть до миллисекунд) измерения кривых дифракционного отражения исследуемых кристаллов с использованием специального модуля для создания одноосной механической нагрузки. Показана возможность проведения исследований обратимых и необратимых процессов, возникающих в кристаллах в условиях внешних воздействий, что может быть использовано для диагностики и прогнозирования отказоустойчивости электронных компонент, изготовленных на их основе.

24.02-01.141 Экспериментальные исследования оптических характеристик акустооптического фильтра, работающего в диапазоне 450—1700 нм. *Батишев В.И., Козлов А.Б., Шарикова М.О., Мачижин А.С., Мартынов Г.Н., Горевой А.В., Боритко С.В., Ломонов В.А., Мочисеева Н.А. Радиотехника и электроника. 2022. 67, № 12, с. 1220-1226. Рус.*

Разработан акустооптический (АО) перестраиваемый фильтр на основе кристалла парателлуриата (TeO_2) с двумя пьезопреобразователями, обеспечивающий произвольную спектральную адресацию в диапазоне 450—1700 нм. Геометрические параметры кристалла рассчитаны из условия минимизации хроматического сдвига изображения в конфокальной оптической системе спектрометра в пределах всего рабочего спектрального диапазона. Представлены результаты экспериментального исследования разрешающей способности и функции пропускания в зависимости от апертуры АО-фильтра и рабочей длины волны. Приведены примеры спектральных изображений тестовых объектов, полученных с помощью макета видеоспектрометра, собранного на основе разработанного АО-фильтра.

24.02-01.142 Двухкоординатная акустооптическая дифракция ограниченных световых пучков в кристаллах парателлуриата. *Кулак Г.В., Николаенко Т.В., Цалко Л.В., Ропот П.И. Пробл. физ., мат. и техн. 2023, № 4, с. 25-29. Рус.*

Исследованы особенности акустооптической дифракции ограниченных световых пучков прямоугольного профиля на медленной сдвиговой ультразвуковой волне в кристаллах парателлуриата. Показано, что эффективность дифракции и ширина частотного пропускания акустооптического устройства в полярной плоскости значительно выше, чем в азимутальной. Установлено, что разрешающая способность устройства в режиме дефлектора может быть одинаковой для полярной и азимутальной плоскости за счет выбора размеров входной апертуры светового пучка.

24.02-01.143 Об интерференции фемтосекундных лазерных импульсов при неколлинеарном акустооптическом взаимодействии. *Юшков К.Б., Чижиков А.И., Молчанов В.Я. Квантовая электроника. 2023. 53, № 7, с. 527-532. Рус.*

Предложен метод когерентного сложения двух фемтосекундных лазерных пучков на основе акустооптического взаимодействия. Экспериментальные исследования показали возможность формирования стационарной интерференционной картины двух пучков на выходе акустооптической ячейки при совпадении частоты ультразвука с межмодовым интервалом спектра фемтосекундного излучения. Управление распределением интенсивности между двумя выходными пучками осуществляется амплитудой и фазой радиосигнала, подаваемого на акустооптическую ячейку.

24.02-01.144 Дифференцирование и интегрирование изображения в разных каналах с использованием одного акустооптического фильтра. *Котов В.М., Аверин С.В., Зенкина А.А., Белоусова А.С., Карачевцева М.В., Булюк А.Н. Квантовая электроника. 2023. 53, № 7, с. 556-560. Рус.*

Теоретически и экспериментально исследована двумерная фурье-обработка изображения с использованием двух каналов, когда по одному каналу выполняется операция дифференцирования изображения, а по другому — операция интегрирования. Обе операции осуществляются одним акустооптическим (АО) фильтром пространственных частот, работающим в режиме АО дифракции в два симметричных брэгговских порядка. Проанализированы передаточные функции каналов, продемонстрированы операции дифференцирования и интегрирования. Результаты подтверждены экспериментально посредством оптической фурье-обработки изображения, сформированного излучением на длине волны света 0.63 мкм. В качестве фильтра пространственных частот использована АО ячейка из TeO_2 , работающая на частоте звука 44 МГц.

Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

24.02-01.145 Численное моделирование взаимодействия волны Маха и пограничного слоя на плоской пластине. *Егоров И.В., Нгуен Н.К., Пальчиковская Н.В. Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 5, с. 752-759. Рус.*

С использованием прямого численного моделирования рассмотрена задача взаимодействия волны Маха с пограничным слоем на плоской пластине, обтекаемой сверхзвуковым потоком совершенного газа при числе Маха $M=2.5$. Исследовано влияние интенсивности падающей волны Маха на ламинарно-турбулентный переход. Показано, что падение волны Маха с амплитудой 5%, моделирующей относительную толщину неровности на боковой стенке аэродинамической трубы, на пограничный слой приводит к образованию турбулентного клина в пограничном слое на плоской пластине.

24.02-01.146 Особенности отражения импульсных сигналов от слоя с парогазовыми пузырьками перед жесткой стенкой в воде. *Шагапов В.Ш., Булатова З.А., Шаяхметов Г.Ф. Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 5, с. 760-766. Рус.*

Представлены результаты исследования эволюции волнового сигнала при отражении от жесткой стенки с расположенной перед ней парогазовой пузырьковой “завесой” в жидкости, в которой учитывается тепломассообмен на межфазной поверхности в акустическом приближении. На основе численных расчетов, с помощью метода быстрого преобразования Фурье получены волновые картины для эволюции импульсов давления и проведен анализ влияния различных параметров состояния жидкости с парогазовыми пузырьками на отражение и прохождение акустических волн через “завесу” перед твердой стенкой.

24.02-01.147 О звуковых колебаниях в обогреваемых каналах. *Герлига В.А., Прохоров Ю.Ф., Шмаков А.А. Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 5, с. 1084-1086. Рус.*

Из всех видов колебаний, возникающих в обогреваемых каналах, наименее изучены звуковые колебания. Звуковые колебания обладают рядом особенностей, которые делают этот вид пульсаций наиболее опасным. В первую очередь это большие амплитуды пульсаций (до 100% от номинального давления), которые приводят иногда к разрушению обогреваемого канала.

24.02-01.148 Акустические и теплофизические свойства сплавов Pb—Sn в жидком состоянии. *Конюченко Г.В. Теплофизика высоких температур. 1972. 10, № 2, с. 309-312. Рус.*

Приводятся значения скорости ультразвука, адиабатической и изотермической сжимаемостей, теплоемкости c_p, v , отношения теплоемкостей γ , коэффициента поверхностного натяжения σ , величины B_2 сплавов Pb—Sn от точки плавления до 700°C, вычисленные на базе экспериментальных значений скорости ультразвука в жидких Pb и Sn и их сплавах. Рассматривается вопрос о согласии вычисленных значений с имеющимися экспериментальными данными.

24.02-01.149 Термоакустические колебания в ламинарном потоке. *Фомичев В.М. Теплофизика высоких температур. 1976. 14, № 6, с. 103-108. Рус.*

Получено условие, определяющее границу возбуждения продольных термоакустических колебаний в ламинарном однофазном потоке в обогреваемом канале. Установлено, что наличие большого градиента температуры вдоль канала может привести к самопроизвольному возникновению термоакустических колебаний.

24.02-01.150 Термоакустические колебания в ламинарном потоке. *Фомичев В.М. Теплофизика высоких температур. 1977. 15, № 1, с. 103-108. Рус.*

Получено условие, определяющее границу возбуждения продольных термоакустических колебаний в ламинарном однофазном потоке в обогреваемом канале. Установлено, что наличие

См. также **24.02-01.20, 24.02-01.124, 24.02-01.125, 24.02-01.126, 24.02-01.127**

большого градиента температуры вдоль канала может привести к самопроизвольному возникновению термоакустических колебаний.

См. также **24.02-01.44**, **24.02-01.55**, **24.02-01.84**, **24.02-01.100**, **24.02-01.101**, **24.02-01.102**, **24.02-01.103**, **24.02-01.130**, **24.02-01.138**

Химические процессы и фазовые переходы при воздействии ультразвука

См. **24.02-01.100**

Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

24.02-01.151 Физические эффекты на границе двух сред в мощном ультразвуковом поле. *Винокуров Д.Л., Грудзинская И.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 163-166. Рус.

Рассмотрены акустические методы организации потоков при поверхностного массопереноса. Исследовано влияние интенсивности ультразвука, физико-химических свойств масел и нефтепродуктов, толщины пленки, положения излучателя. Получена зависимость степени очистки поверхности воды от времени работы установки. Проведена оценка возможности практической применимости метода.

24.02-01.152 Влияние пластической деформации на анизотропию упругих свойств и скорости ультразвуковых волн в низкоуглеродистой стали. *Гончар А.В., Куряшкин К.В., Сергеева О.А., Соловьев А.А. Проблемы прочности и пластичности.* 2022. 84, № 2, с. 259-271. Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния пластического деформирования на скорости распространения сдвиговых, продольных и головных волн в горячекатаной тонколистовой стали 20. Плоские образцы, вырезанные вдоль и поперек направления прокатки листа, подвергались поэтапному одноосному растяжению с шагом остаточной деформации 4%. Диаграммы растяжения, полученные для образцов, имеют характерную для низкоуглеродистой стали площадку текучести. После каждого этапа образцы разгружались и проводились структурно-чувствительные ультразвуковые измерения с помощью датчиков сдвиговых, продольных и головных

волн. Получено, что скорости сдвиговых и продольных волн слабо изменяются до момента потери локальной устойчивости, а скорость головных волн монотонно и практически линейно уменьшается в зависимости от пластической деформации. Исследовано изменение анизотропии упругих свойств материала при пластическом деформировании: получены монотонные зависимости параметра акустической анизотропии (двулучепреломления сдвиговых волн) и относительной разности скоростей продольных и головных волн от степени остаточной пластической деформации. Представленные ультразвуковые исследования позволяют получить информацию об изменениях в структуре материала, вызванных пластической деформацией: эволюции текстуры и накоплении микрповреждений. Получены корреляционные связи между параметром повреждения материала и параметрами анизотропии упругих свойств, которые могут использоваться для ультразвукового контроля состояния пластически деформированной стали. Дополнительные оптические исследования эволюции микроструктуры на поверхности показали, что в процессе пластического деформирования происходят повороты зерен и локализация пластической деформации (полосы Людерса—Чернова), о чем свидетельствует расфокусирование отдельных микро-участков изображения, также в отдельных зернах образуются грубые полосы скольжения.

24.02-01.153 О выявлении признаков загрязнения труб методами ультразвуковой диагностики. *Глушкова Е.В., Глушкова Н.В., Еремич А.А. Математическое моделирование в естественных науках.* 2021, № 1, с. 73-75. Рус.

В рамках полуаналитической модели, базирующейся на интегральных и асимптотических представлениях решения задач динамической теории упругости о возбуждении и распространении бегущих волн в слоистых волноводных структурах, проводится моделирование процесса ультразвукового зондирования таких структур. Анализируются волновые и амплитудно-частотные характеристики регистрируемых сигналов с целью выявления признаков внутреннего загрязнения трубопроводов и оценки толщины осадочного слоя. Установлено, что изменение картины дисперсионных кривых, которое традиционно рассматривается в качестве главного диагностического признака, плохо проявляется в результатах измерений. Взамен предлагается использовать пики амплитудного спектра на частотах резонансного отклика волноводной структуры, которые показывают высокую чувствительность к толщине осадков и легко регистрируются современными методами измерений.

См. также **24.02-01.60**

Акустика океана, гидроакустика

24.02-01.154 Новое качество взаимодействия предприятий морского приборостроения и служб ВМФ при эксплуатации гидроакустического вооружения. *Шатохин А.В., Ивакин Я.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 7-12. Рус.

Непрерывное усложнение изделий гидроакустической техники объективно требует совершенствования форм и методов поддержания её технической готовности к применению, развития существующей организационно-технической системы эксплуатации радиоэлектронного вооружения ВМФ. В современных условиях традиционные формы удаленной поддержки эксплуатантов и периодических мероприятий технического обслуживания, реализуемые поставщиками гидроакустического вооружения, не в полной мере удовлетворяют потребностям поддержания технической готовности указанных изделий. Объективно назрела необходимость в совершенствовании концептуальной схемы взаимодействия предприятий морского приборостроения и радиотехнических служб флотов, создании соответствующей информационно-сопроводительной сети для сопровождения изделий гидроакустического вооружения на всех этапах их жизненного цикла. Анализу путей реализации указанной организационно-технической схемы посвящена данная статья.

24.02-01.155 Математические модели применения

средств наблюдения в условиях пространственно-временной изменчивости среды арктического региона. *Ермолаев В.И., Коновалов В.Е., Пономарев В.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 226-230. Рус.

Рассматриваются методические подходы к математическому моделированию средств наблюдения в условиях пространственно-временной изменчивости условий среды Арктического региона.

24.02-01.156 Методический подход к обоснованию рационального варианта формирования орбитальной группировки космических аппаратов системы космической радиолокационной системы наблюдения за морскими объектами. *Калинов М.И., Родионов В.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 231-234. Рус.

Рассмотрен метод рационального формирования орбитальной группировки космических аппаратов, в котором долгота входящего узла орбиты и время его прохождения для каждого последующего запускаемого космического аппарата обеспечивают максимальное приращение эффективности применения

космической радиолокационной системы в заданных органами управления районах наблюдения за морскими объектами. Приведены оценки, показывающие возможность повышения эффективности применения космической системы в различных районах Мирового океана за счет рационального варианта построения орбитальной группировки ее космических аппаратов.

24.02-01.157 Основы расчёта телевизионных систем подводного видения. Мартынов В.Л., Дмитриев М.В., Прохоров В.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 262-266. Рус.

Вопросы классификации объектов при проведении подводного поиска всегда были актуальными. Практика показала, что при обнаружении целей гидроакустическими системами требовался дополнительный визуальный контакт для достаточной идентификации. Эти же вопросы остро стоят при проектировании подводных робототехнических комплексов, когда требуется предварительно знать возможности размещаемых на них телевизионных систем (ТВС) подводного видения. Авторами предлагается методика расчета дальности видения ТВС на рабочих глубинах, которая может быть апробирована при практическом проектировании подводных роботов.

24.02-01.158 Методика комплексного использования гидроакустических средств при геолого-геоморфологических исследованиях шельфа Крыма в 2017–2019 гг. Пронин А.А., Римский-Корсаков Н.А., Анисимов И.М. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 270-272. Рус.

Описана методика проведения работ с комплексным применением гидроакустических средств и представлены результаты геолого-геоморфологических исследований новейшей истории развития шельфа полуострова Крым в экспедициях 2017–2019 гг. Показана эффективность совместного применения гидролокации бокового обзора, акустического профилирования и эхолотирования, для данного вида исследований, на примере геолого-геоморфологических объектов, характерных для шельфа Крыма.

24.02-01.159 Оперативная океанология в интересах применения гидроакустических средств. Лободин И.Е., Машошин А.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 338-340. Рус.

Показано, какую роль и каким образом должна играть оперативная океанология в обеспечении эффективного использования гидроакустических средств ВМФ.

См. также **24.02-01.5К**

Звук в глубоком море, подводный звуковой канал

24.02-01.160 Волновая динамика стратифицированных сред с течениями. Булатов В.В., Владимиров Ю.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 187-190. Рус.

Исследована динамика внутренних гравитационных волн в стратифицированных средах со сдвиговым течением. Рассмотрено модельное распределение сдвигового течения по глубине и получено аналитическое решение задачи в виде характеристической функции Грина, которое выражается через модифицированные функции Бесселя мнимого индекса. С помощью дебаевских асимптотик модифицированной функции Бесселя получены аналитические выражения для дисперсионных соотношений, исследованы фазовые характеристики волновых полей. Исследованы зависимости волновых характеристик возбуждаемых полей от основных параметров использованных моделей стратификации, течений и режимов генерации.

24.02-01.161 О численном моделировании акустического сигнала в волноводе конечной длины. Легуша Ф.Ф., Попов Ю.Н., Румянцев К.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссий-

ской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 358-361. Рус.

Исследуются физические процессы при распространении звукового импульса в воде внутри цилиндрического волновода. По условиям задачи в волноводе моделируется гауссов импульс, который излучается точечным источником на одном конце волновода. На другом конце волновода моделируется отражение от свободной границы «вода–воздух». Целью исследований являлся анализ влияния на распространяющийся сигнал со стороны волновода в приближении, когда его стенки не являются абсолютно жесткими. В работе построена численная модель и выполнены расчеты распространяющегося импульса при различных характеристиках акустического импеданса на внутренней поверхности волновода. На основе проведенных исследований выполнен анализ распространения импульса в приближении абсолютно жестких стенок волновода и стенок, характеризующихся упругим акустическим импедансом. Выполнено сравнение полученных результатов с экспериментальными данными, полученными в гидроакустической трубе.

24.02-01.162 Амплитудно-фазовая структура гидроакустических полей в глубоководном стратифицированном волноводе. Аксенов С.П., Кузнецов Г.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 382-385. Рус.

Выполнено исследование амплитудно-фазовой структуры сигналов в глубоководном морском районе. Показано, что в зонах интерференционных максимумов в глубоком океане, как и в мелководных районах, наблюдаются гладкие градиенты фазы, которые могут быть аппроксимированы с использованием эффективной фазовой скорости, применение которой обеспечивает несмещенность оценок пеленга при всех аспектах наблюдения, в том числе при косых углах падения волны на апертуру антенны. Установлено, что эти закономерности инвариантны и выполняются в ближней и дальней зонах освещенности, в том числе — в зоне тени.

24.02-01.163 О возможности расчета характеристик гидроакустических полей в мелком и глубоком море с использованием модифицированного модового ВКБ-приближения. Аксенов С.П. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 386-389. Рус.

Для расчета целого ряда прикладных гидроакустических задач необходимы программы, обладающие высокой производительностью и точностью описания. Выполнена доработка гидроакустической модели поля в мелком или глубоком море в модовом ВКБ-приближении, позволяющем быстро и достаточно точно вычислять передаточную функцию волновода (ПФВ) с учетом большого количества (до десяти тысяч) мод, в том числе в неоднородном волноводе. Верификация программы подтвердила высокую точность расчетов как интерференционной структуры, так и усредненных законов спада ПФВ.

Акустика мелкого моря

24.02-01.164 Оценка корреляционных свойств звукового поля на апертуре приёмной системы, состоящей из комбинированных приёмников. Касаткин Б.А., Касаткин С.Б., Косарев Г.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 147-150. Рус.

Рассматриваются особенности работы комбинированных приёмников в мелком море в инфразвуковом диапазоне частот при возбуждении звукового поля дискретными составляющими вально-лопастного звукограда катамарана, буксирующего низкочастотный излучатель ЛЧМ-сигналов. Выполнена спектральная и взаимно-корреляционная обработка сигналов в каналах комбинированного приёмника. По результатам спектральной обработки получены оценки помехоустойчивости комбинированного приёмника при работе в условиях мелкого моря в инфразвуковом диапазоне частот. По результатам корреляционной обработки сложных ЛЧМ-сигналов получены

оценки пространственно-временной структуры звукового поля на апертуре вертикально ориентированной антенны из комбинированных приёмников.

24.02-01.165 Бароклинные приливные течения в безледном море Лаптевых: результаты моделирования. *Софьина Е.В., Казан Б.А., Тимофеев А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 213-214. Рус.

В рамках трехмерной конечно-элементной гидростатической модели воспроизведена динамика бароклинного прилива (волна M2) в безледном море Лаптевых. Бароклинные составляющие скорости приливного течения на глубине пикноклина в центральной части моря могут достигать 1 м/с. Градиентные числа Ричардсона, характеризующие устойчивость стратифицированного сдвигового течения, меньше критического значения 0.25 отмечаются в слое от дна вплоть до глубины залегания пикноклина в шельфовой зоне моря.

24.02-01.166 Технология автоматизированного районирования акваторий Мирового океана по гидрофизическим условиям. *Гасников О.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 223-225. Рус.

Описана новая технология обработки океанографической информации в интересах обеспечения подводных работ на основе анализа числовых последовательностей. Приведён пример расчёта для одного из районов Норвежского моря с использованием данных буёв АРГО. Показано, что автоматизированная обработка данных на основе анализа числовых последовательностей вполне применима для оценки гидролого-акустических условий. Делается вывод, что предлагаемая технология обработки вполне адекватно описывает климатический режим акватории и может быть использована для автоматизированного районирования Мирового океана.

24.02-01.167 Оценка цунамиопасности бухты Бечевинской (Полуостров Камчатка): методика и результаты. *Бейзель С.А., Гусев О.И., Кихтенко В.А., Чубаров Л.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 243-246. Рус.

Предложены методика, алгоритмы и программы для вероятностной оценки цунамиопасности бухты Бечевинской с целью выбора вариантов размещения в ее акватории плавучих хранилищ сжиженного газа и волнозащитных сооружений. Методика включает анализ сейсмотектоники региона, конструирование каталога модельных цунамигенерирующих землетрясений, определение их статистических характеристик, сценарное численное моделирование динамики волн цунами, определение значений меры волнового воздействия, которые могут быть превышены с заданной повторяемостью, например, «в среднем 1 раз в 100 лет».

24.02-01.168 3D численное моделирование гидроакустических волн и волн Рэлея—Шолте на шельфе с плавной стратификацией дна. *Заславский Ю.М., Заславский В.Ю. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 277-279. Рус.

На основе применения метода конечных элементов выполнено 3D численное моделирование донных сейсмических и гидроакустических волн (видеоимпульсы), излучаемых монополюсом в акватории шельфа, с учетом особенностей, обусловленных присутствием рыхлых донных морских осадков. Показано, что в структуре с плавной стратификацией донной толщи по упругим параметрам возбуждается гидроакустическая волна, а также дублет (волна Рэлея—Шолте).

24.02-01.169 Влияние неоднородностей скорости звука в морском дне на интерференционную структуру акустического поля в мелком море. *Григорьев В.А., Петников В.Г. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 366-369. Рус.

Выполнены расчеты интерференционной структуры низкочастотного акустического поля в водном слое для одного из районов Карского моря. Для расчетов были использованы данные 3D сейсморазведки, позволившие получить пространственно-неоднородное распределение скорости звука в верхнем слое донных осадков. В рамках модового описания акустического поля показано, что на расстояниях от источника звука от трех до десяти глубин водного слоя для адекватного численного моделирования необходимо учитывать не только нормальные моды, но и квазимоды. Необходимо также принимать во внимание межмодовое взаимодействие, связанное с неоднородностями морского дна. Впервые получены уравнения, позволяющие учитывать взаимодействие между модами, среди которых присутствуют квазимоды.

24.02-01.170 Потери при распространении низкочастотного звука в мелком море с горизонтально-неоднородным случайным импедансом дна. *Гулин О.Э., Яроцук И.О. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 370-373. Рус.

Рассматривается задача о влиянии горизонтально-неоднородного импеданса жидкого дна, заданного случайными гауссовыми процессами скорости звука и плотности, на распространение низкочастотного звука в мелководном волноводе. Параметры модели привязаны к условиям распространения звука в регионах морей арктического шельфа. На примере статистического моделирования интенсивности звукового поля показано, что флуктуации скорости звука и плотности в дне приводят к аналогичным эффектам, которые были установлены ранее для флуктуаций скорости звука в водном слое. Изменения в законе спада интенсивности в значительной мере определяются радиусом корреляции неоднородностей и средней проницаемостью дна, приводящей к затуханию звука при распространении в волноводе.

24.02-01.171 Звукоподводная связь в мелководной акватории, покрытой льдом. Численное моделирование и натурный эксперимент на озере Байкал. *Волков М.В., Кучер К.М., Луньков А.А., Макаров М.М., Петников В.Г., Шатравин А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 374-377. Рус.

С помощью численного моделирования и в натурном эксперименте продемонстрированы возможности звукоподводной связи с применением вертикальных приемных антенн в мелководной акватории, покрытой льдом. Глубина акватории выбиралась много меньше, чем расстояние до приемной антенны (сотни метров). Антенны перегораживали весь водный слой. Исследовалась возможность передачи сигнала на несущей частоте 735 Гц с кодированием информации методом двоичной фазовой манипуляции. Эксперимент был проведен на оз. Байкал при толщине ледового покрова от 60 до 70 см. Показано, что в случае применения вертикальной антенны коэффициент битовых ошибок уменьшается до 5%, тогда как при использовании приемников той же антенны по отдельности он не опускается ниже 18%.

24.02-01.172 Экспериментальное исследование влияния антропогенных и природных шумов на эффективность акустической связи в мелком море. *Шатравин А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 378-381. Рус.

Аддитивный шум является одной из наиболее значимых помех для подводной акустической связи. Как правило, при достижении некоторого порогового значения отношения шум/сигнал происходит резкий рост количества битовых ошибок передачи информации, и уже при превышении этого порогового значения всего на несколько дБ качество связи оказывается недопустимо низким. В представленной работе на основе экспериментальных данных исследуется влияние нестационарности наблюдаемых в мелком море антропогенных и природных шумов на эффективность когерентной акустической связи.

24.02-01.173 Флюктуации акустических сигналов

при распространении звука в прибрежном клине. **Есинов И.Б., Кенигсбергер Г.В., Попов О.Е., Поддубняк В.Я., Мишеев В.И.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 398-401. Рус.

Приводятся результаты морских экспериментов по изучению короткопериодных флюктуаций сигналов в прибрежном клине Чёрного моря на стационарных трассах при среднем уклоне дна около 25°. Определены спектры и характерные периоды флюктуаций амплитуды, азимутальных углов, углов скольжения и времени приходов импульсных сигналов. Обсуждаются основные причины, вызывающие флюктуации характеристик сигналов в условиях выраженной горизонтальной рефракции.

24.02-01.174 Явление гистерезиса при взаимодействии косых гидравлических прыжков на мелкой воде. **Кудрявцев А.Н., Михайлова У.В.** *Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 6, с. 1135-1145. Рус.

Проведено исследование отражения гидравлических прыжков на мелкой воде. Получены теоретические критерии перехода между регулярным и маховским отражениями, показано существование области углов падения, в которой возможны оба типа отражения. При численном моделировании наблюдался согласующийся с теоретическими предсказаниями гистерезис перехода. Показано, что гистерезис может быть получен при плавном изменении как угла клина, генерирующего гидравлический прыжок, так и числа Фруда набегающего потока.

24.02-01.175 Влияние ветровых волн на формирование скорости ветра в приземном слое атмосферы в условиях динамически гладкой поверхности. **Егоров К.Л., Булгаков К.Ю.** *Фундаментальная и прикладная гидрофизика.* 2023. 16, № 4, с. 18-31. Рус.

Одним из факторов проявления влияния ветровых волн на вертикальное распределение параметров в турбулентном приземном слое атмосферы является создаваемый волнами дополнительный поток импульса. В известных исследованиях, связанных с моделированием и анализом проявлений волнового потока импульса, волновая поверхность считается динамически шероховатой, так что эффектами молекулярной вязкости пренебрегается. В настоящей работе выполнена оценка проявления волновых потоков импульса при скоростях ветра, при которых волновая поверхность океана может считаться как динамически гладкая. Используются некоторые известные теоретические положения и экспериментальные результаты работ, связанных с изучением структуры потока над динамически гладкой поверхностью. Анализируется и устанавливается связь между безразмерной толщиной вязкого слоя и безразмерной шероховатостью гладкой поверхности. Формируются уравнения движения с учётом проявления трёх факторов: молекулярных, турбулентных и волновых потоков импульса. Описываются модели, основанные на данных уравнениях. Обсуждается выбор постоянных коэффициентов, которые задаются в расчетах с данной моделью. Приводятся отдельные результаты расчётов и анализ вертикальных профилей скорости ветра и зависимости коэффициента трения от скорости ветра при различных условиях ветрового волнения.

24.02-01.176 Эквивалентность систем уравнений двумерной мелкой воды над горизонтальным и наклонным дном. **Аксенов А.В.** *Вестник МГУ. Сер. 1: Математика. Механика.* 2023, № 6, с. 62-64. Рус.

Получено точечное преобразование, определяющее эквивалентность систем уравнений двумерной мелкой воды над горизонтальным и наклонным дном. Найдены симметрии этих систем уравнений.

См. также **24.02-01.163**

Взаимодействие звука с внутренними волнами и течениями

24.02-01.177 Метод оценки параметров внутренних волн на основе просветной гидроакустики. Результаты численного моделирования. **Родионов А.А., Никитин Д.А.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 191-195. Рус.

На основе теоретических расчётов и численного решения дифференциального уравнения для условий реального распределения гидрофизических полей формируется модель внутренней волны, распространяющейся в подводной среде. Параметры внутренней волны исследуются с применением просветной многопозиционной гидроакустической системой. Расчёты по распространению гидроакустических сигналов в волноводе с внутренней волной выполняются на основе лучевых численных методов. Получены оценки параметров внутренних волн для условий реальных распределений гидрофизических полей в подводной среде с учетом взаимного расположения излучателей и приёмников.

24.02-01.178 Акустическая интерферометрия интенсивных внутренних волн. **Vadiev M., Казначеева Е.С., Кузькин В.М., Мальшин А.Ю., Пересёлов С.А.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 196-199. Рус.

Приведены результаты обработки данных эксперимента SWARM-95 на двух стационарных трассах, когда интенсивные внутренние волны приводили к горизонтальной рефракции и взаимодействию мод акустического поля источника. На спектрограммах, представляющих собой двумерное преобразование интерферограмм, получены отдельные области локализации спектральной плотности в форме фокальных пятен, вызванных невозмущенным и возмущенным полями. Фильтрацией этих областей, реконструированы интерферограммы этих полей. Данный подход позволяет восстановить передаточную функцию невозмущенного волновода и временную изменчивость океанической среды.

24.02-01.179 Характеристики короткопериодных внутренних волн в прибрежной части Баренцева моря по данным спутниковых наблюдений и подспутникового гидрофизического эксперимента. **Свергунов Е.И., Зимин А.В., Жегулин Г.В., Романенков Д.А., Атаджанова О.А.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 200-203. Рус.

Обсуждаются результаты подспутникового эксперимента, выполненного в августе 2016 года в Баренцевом море. Получены характеристики короткопериодных внутренних волн по контактным и спутниковым данным, производится прямое сопоставление данных спутниковых и контактных наблюдений.

24.02-01.180 Применение автобиокогерентного вейлет-анализа для поиска нелинейных взаимодействий в спектре внутреннего волнения. **Жегулин Г.В., Зимин А.В.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 204-208. Рус.

Представлена методика обнаружения околорезонансных трехволновых взаимодействий в спектре внутреннего волнения. В основу метода положен биспектральный вейлет-анализ. Он позволяет идентифицировать межгармоническую корреляцию и эволюцию фазовой связи между частотными компонентами сигнала. На примере экспериментальных наблюдений в Горле Белого моря за колебаниями термоклина, вызванными внутренним волнением, установлено, что в большинстве своем ассиметричная структура колебаний была обусловлена результатом нелинейного взаимодействия между гармониками. Показано, что экстремальные колебания термоклина являются результатом установившегося сильного трехволнового взаимодействия.

24.02-01.181 Влияние гидрологии на параметры движения айсбергов при их буксировке. **Шишкина О.Д.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 215-218. Рус.

Проведен анализ результатов натурных измерений силы сопротивления при буксировке арктических айсбергов с оценкой влияния неоднородности жидкости на гидродинамику буксируемого айсберга. На основании полученных автором результатов

о гидродинамических особенностях буксировки тел различной формы в стратифицированной жидкости обозначены критические значения параметров процесса буксировки и определены риски их несоответствия рекомендуемым режимам.

См. также **24.02-01.33, 24.02-01.165, 24.02-01.166**

Статистическая гидроакустика

24.02-01.182 О горизонтальной анизотропии эффектов многократного рассеяния акустических мод на взволнованной морской поверхности. *Завольский Н.А., Раевский М.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 390-393. Рус.

Проведено теоретическое исследование горизонтальной анизотропии акустических характеристик тонального сигнала в волноводе с анизотропным ветровым волнением. Обсуждается применимость традиционной модели изотропного ветрового волнения для задач прикладной акустики.

См. также **24.02-01.71**

Объемное рассеяние

24.02-01.183 Нестационарное тело яркости светового поля от изотропного источника в морской воде. *Лучинин А.Г., Кириллин М.Ю., Долин Л.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 249-252. Рус.

Исследовано угловое распределение яркости светового поля, создаваемого точечным изотропным источником, помещенным в толще морской воды. На основе статистического моделирования методом Монте-Карло рассчитаны временные и спектральные характеристики яркости светового поля. Показано, что с увеличением частоты модуляции мощности источника угловое распределение поля по переменной составляющей обужается. Полученные результаты могут быть полезны при разработке подводных оптических маяков.

Обратное рассеяние, эхо, реверберация на комбинациях границ

24.02-01.184 Синтез алгоритмов пространственной обработки в задачах шумопеленгации в низкочастотной гидроакустической системе. *Гринюк А.В., Кравченко В.Н., Мазнев Ю.В., Трофимов А.Т. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 341-344. Рус.

Рассмотрена модель формирования гидроакустических сигналов в виде «волнового пакета» на линейной антенне, создаваемых низкочастотным источником звука. Представлены волновые пакеты, полученные с реальных антенн и описаны их свойства. Проанализированы, обобщены и представлены асимптотически оптимальные алгоритмы обработки. Показана зависимость точности оценки пеленга от используемого алгоритма, параметров антенны и отношения c/π .

Рассеяние на шероховатой поверхности

См. **24.02-01.181**

Подводные приложения нелинейной акустики, взрывы

См. **24.02-01.78, 24.02-01.79**

Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

24.02-01.185 Низкочастотные сейсмоакустические

поля в океанической среде. *Левченко Д.Г., Вадулин С.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 267-269. Рус.

Рассматриваются вопросы возбуждения и распространения низкочастотных (0,01–100 Гц) сейсмоакустических полей в океанической среде, источниками которых являются морские волны и придонные течения. Эти поля создают существенные помехи сейсмологическим и гидроакустическим приборам. Описываются результаты экспериментальных работ по регистрации сейсмических сигналов на дне при наличии интенсивных помех. На основании опыта ИО РАН приводятся некоторые рекомендации, позволяющие существенно снизить помехи от придонных течений и штормовых микросейсм.

24.02-01.186 Разработка послыонного алгоритма оценки геофизических параметров донных слоев с помощью когерентных сейсмоакустических импульсов методами стохастического моделирования. *Калинина В.И., Хилько А.И., Смирнов И.П., Малеханов А.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 273-276. Рус.

Исследуются методы и алгоритмы регуляризации, позволяющие повысить точность и устойчивость реконструкции геоакустических параметров при послыонной реконструкции донных слоев с использованием параметрических моделей формирования сигналов, отраженных от упругого слоистого полупространства при когерентном импульсном зондировании дна морского шельфа. Приводятся результаты анализа эффективности предлагаемых алгоритмов, выполненного методом численного стохастического моделирования.

24.02-01.187 Опыт применения программно-аппаратных комплексов для морской сейсмозондировки, разработанных в АО "АКИН". *Максимов Г.А., Волков А.Ю., Григорьев А.Г., Корольков З.А., Коновалов В.Н., Ларичев В.А., Лесонен Д.Н., Смагин Д.А., Смирнов В.А. Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2022, № 2, с. 56-67. Рус.*

Описаны результаты натурных испытаний и опытной эксплуатации программно-аппаратных комплексов для морской сейсмозондировки. В условиях санкционного давления со стороны западных стран доступ к этим технологиям и оборудованию фактически прекращен. Это обстоятельство определяет чрезвычайную актуальность создания отечественных технологий, позволяющих решать эти важнейшие задачи на необходимом уровне.

24.02-01.188 Результаты наблюдений ледового воздействия на объекты, затопленные в Карском море. *Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А., Казанов А.Ю., Кикнадзе О.Е., Анисимов И.М., Лесин А.В., Муравья В.О. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2023, № 10, с. 31-37. Рус.*

Заключение. Наиболее опасными с точки зрения механического воздействия ледового покрова, в том числе торосов и айсбергов, на затопленные техногенные объекты являются участки открытого моря (шельфа) с глубинами до 40 м. Здесь образуются торосы и встречаются айсберги, которые могут перемещаться (дрейфовать) под действием сильного ветра и течений. В тесных заливах льды менее подвижны ввиду отсутствия сильных регулярных течений и пространств для формирования серьезного ветрового нагона. Поэтому здесь нет интенсивного движения и торошения льда, и даже на небольших глубинах (10–15 м) ледовое воздействие на затопленные объекты отсутствует. В этой связи наиболее подверженным разрушительному воздействию плавающего льда объектом можно считать РО АПЛ К-19, затопленный на шельфе в открытом море вблизи залива Абрисимова.

См. также **24.02-01.167**

Подводные шумы, механизмы генерации и характеристики полей

24.02-01.189 О потенциальной эффективности согласования со средой при обнаружении малозумных целей. *Машишин А.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 13-17. Рус.

Оценивается потенциальная эффективность обнаружения малозумных целей при согласовании со средой характеристик шумопеленгатора, заглубления приёмной антенны и алгоритмов обработки сигналов, поступающих с выхода антенны.

24.02-01.190 Физические основы оценки координат малозумных целей в мелком или глубоком море. *Кузнецов Г.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 18-24. Рус.

Исследуются особенности пеленгования и оценки координат малозумных целей в мелком или глубоком море. Показано, что для получения несмещенных оценок пеленга и координат, в том числе — при скользящих углах пеленгования, необходимо использовать эффективные фазовые скорости (ЭФС), а не скорость звука в воде. Приводятся результаты сравнения расчетных и экспериментальных оценок ЭФС и их сличения с аналитическими зависимостями. Показано, что амплитудно-фазовая структура низкочастотных сигналов в зонах тени или в зонах освещенности существенно различается и определяется характеристиками вытекающих, захваченных и водных мод. Использование зон интерференционных максимумов позволяет накапливать мощность сигнала и решать задачи пеленгования, в том числе в зоне тени. Приводятся и анализируются совместно результаты теоретической и экспериментальной оценки в пассивном режиме пеленга, дальности и глубины цели при согласованной, несогласованной и робастной (голографической) обработке. Даются практические рекомендации по построению и применению технических средств, решающих перечисленные задачи.

24.02-01.191 Статистические методы синтеза искусственных нейронных сетей для задач классификации морских объектов в низкочастотных стационарных гидроакустических системах. *Трофимов А.Т., Кравченко В.Н., Андреев О.А., Крайнов А.Б. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 25-28. Рус.

Трудность решения задачи повышения вероятности классификации морских объектов в низкочастотных стационарных гидроакустических системах связана с отсутствием разработанных методов обработки данных при негауссовском характере распределений сигналов шумопеленгования морских объектов. В статье рассматриваются статистические методы синтеза нейросетевых алгоритмов классификации морских объектов на основе использования полигауссовских вероятностных моделей. Приводятся результаты тестирования синтезированных алгоритмов по экспериментальным данным, доказана эффективность их применения.

Акустические измерения параметров океана, дистанционное зондирование, обратные задачи, акустическая томография

24.02-01.192 Точность описания термохалинных полей в юго-западной части Баренцева моря по данным климатического атласа и океанских реанализов. *Зимин А.В., Атаджанова О.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 209-212. Рус.

Приведены результаты сопоставления полей температуры и солёности, полученных из баз World Ocean Atlas 2013, Global Ocean 1/12° Physics Analysis and Forecast и OSTIA Global Foundation Sea Surface Temperature Analysis, с данными судо-

вых контактных измерений, выполненных осенью 2018 года в юго-западной части Баренцева моря. Сравнение осуществлялось с применением методов описательной статистики, функции расхождения и модифицированного расстояния Хаусдорфа на различных горизонтах по температуре и солёности. Показано значительное отклонение данных натуральных наблюдений как от климатических оценок, так и от данных реанализов.

24.02-01.193 Технология и результаты сейсмоакустического профилирования на шельфе Крыма в 124 рейсе НИС "Профессор Водяницкий". *Римский-Корсаков Н.А., Пронин А.А., Хортов А.В., Литвинюк Д.А., Коротков В.Н., Поротов А.В., Мутковский А.Д. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2023, № 2, с. 37-43. Рус.

Цель исследования, проводившегося в 2022 г., связана с необходимостью решения фундаментальной научной проблемы океанологии и морской геологии по изучению строения и истории формирования континентальной окраины, в частности шельфа полуострова Крым, в том числе восстановление фрагментов положения древней гидрологической сети и определение связи береговых и субаквальных морфоструктур. При этом решались следующие задачи: 1) анализ опубликованного и фондового материала по строению шельфа Черного моря; 2) анализ данных берегового бурения; 3) проведение экспедиционных океанографических и геофизических исследований на участках материковой отмели Крыма, в том числе: золотный промер, акустическое профилирование верхней осадочной толщи, сейсмоакустическое зондирование шельфа, гидроакустическая геоморфологическая съемка поверхности дна; 4) составление региональных и сводной геоморфологических карт шельфа Крыма.

См. также **24.02-01.78**

Акустика глобальных масштабов, термометрия и дальняя подводная связь

24.02-01.194 Особенности применения тепловизионной техники и системы обработки данных для обеспечения эффективности исследований гидрофизических процессов на морской поверхности. *Зенченко С.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 253-257. Рус.

Радиометрический метод зондирования Мирового океана позволяет контролировать поле радиационной температуры морской поверхности, несущей информацию об изменении термодинамической температуры поверхности, волнении и влиянии радиационной температуры небосвода. Для повышения эффективности дистанционных средств измерения в настоящей работе рассмотрены аспекты метрологической направленности и результаты исследования влияния, указанных составляющих информационного поля с применением современного тепловизионной аппаратуры, обеспечивающей панорамный контроль состояния морской акватории и отличающейся более высокой разрешающей способностью, чувствительностью и быстродействием.

24.02-01.195 Пути совершенствования отечественной гидроакустической связи. *Голубев А.Г., Машишин А.И., Пашичев И.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 334-337. Рус.

Рассматриваются направления совершенствования отечественной гидроакустической связи (ГАСв), к которым отнесены: увеличение дальности надёжной двусторонней ГАСв до нескольких сотен километров при одновременном повышении скорости, достоверности передачи данных и устойчивости к несанкционированному декодированию; переход от ГАСв, ограниченной связью между двумя абонентами, к сетевой ГА-Св, обеспечивающей обмен сообщениями одновременно между несколькими абонентами сети на дальностях до нескольких десятков километров.

24.02-01.196 Коэффициент усиления вертикальной антенной решетки в случайно-неоднородном подводном звуковом канале: оценка влияния положения эле-

ментов в канале как фактора повышения эффективности обработки сигналов. *Лабутина М.С., Малеханов А.И., Смирнов А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 349-352. Рус.

Проведено численное моделирование выигрыша вертикальной антенной решетки, размещенной в случайно-неоднородном канале мелкого моря и принимающей многомодовый сигнал удаленного источника на фоне анизотропных шумов моря. Показано, что положение элементов антенны в канале является фактором, существенно влияющим на величину достигаемого выигрыша, что указывает на возможность специального выбора положения антенны для его повышения. Анализ и моделирование выполнены для двух практически интересных постановок: (1) варьирование по глубине положения антенны как целого при фиксированном межэлементном расстоянии и (2) варьирование межэлементного расстояния при фиксированной глубине первого элемента.

См. также 24.02-01.99, 24.02-01.180, 24.02-01.192

Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

24.02-01.197 Современные подходы к созданию систем подводного наблюдения и информационному обеспечению скрытности подводных объектов. *Коваленко В.В., Мареев Е.А., Родионов А.А., Селезнев И.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 46-51. Рус.

Рассмотрены положения, формирующие основу создания систем подводного наблюдения и информационного обеспечения скрытности объектов. Рассмотрены вопросы развития морских информационно-управляющих систем при решении указанных задач. Затронуты вопросы обеспечения этих систем текущей и прогнозной информацией об окружающей среде. Рассмотрены вопросы оптимизации развертывания сенсорных сетей в океанической среде. Оценена значимость оперативной океанографии как инструмента оценки и прогноза состояния океана при решении указанных задач.

24.02-01.198 Ошибки определения угла прихода эхосигналов вертикальной плоскости для многолучевого канала в Белом море. *Либенсон Е.В., Стреленко Т.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 56-59. Рус.

Представлены результаты оценки ошибок определения угла прихода эхосигнала в вертикальной плоскости в многолучевом канале. Исследования проведены на программном макете для гидроакустических условий в Белом море осенью. Получены оценки систематических и случайных ошибок при разных величинах разрешающей способности гидролокатора по времени.

24.02-01.199 К вопросу обнаружения и идентификации морских подвижных объектов при пассивной широкополосной локации. *Рамазанов М.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 105-107. Рус.

Представлены характерные признаки обнаружения и идентификации морских подвижных объектов со спектральной интенсивностью ниже спектрального фонового уровня морской среды. Иллюстрированы их преимущества при обнаружении и идентификации морских динамических объектов в сложной сигнально-помеховой ситуации по сравнению со спектрами огибающих, как по отношению полезных компонент к шумам, так и наличием стабильных частотных положений пиков.

24.02-01.200 О возможности обнаружения современных подводных лодок в дальних зонах акустической освещенности. *Лободин И.Е., Машошин А.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 151-155. Рус.

Приводятся акустические характеристики районов Мирового океана, в которых формируются дальние зоны акустической освещенности и демонстрируются результаты расчетов дальностей обнаружения в этих районах современных подводных лодок по их шумозлучению.

24.02-01.201 Способ мониторинга гидрофизических параметров морской среды в удаленном районе. *Фатеев А.А., Поздняков Н.И., Синкевич Н.С., Лукин В.Ф., Степанов А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 219-222. Рус.

Представлены результаты анализа возможностей использования оптоволоконных технологий для реализации способа мониторинга гидрофизических параметров морской среды в удаленных глубоководных районах моря в целях обнаружения аварийных ситуаций при эксплуатации подводных трубопроводов.

24.02-01.202 Комплексование информации разнесенных систем подводного наблюдения. *Шейнман Е.Л. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 312-315. Рус.

Рассматривается задача комплексования информации, поступающей от разнесенных активно-пассивных мобильных гидроакустических систем подводного наблюдения. Разработаны алгоритмы идентификации объектов, обнаруженных в разнесенных системах наблюдения, и алгоритмы комплексной оценки их координат и параметров движения. Алгоритмы комплексования информации учитывают состав информации, вырабатываемой в активных и пассивных системах наблюдения, а также возможность наличия или отсутствия оценки дистанции, поступающей из этих систем.

24.02-01.203 Восстановление изображения отражателей по неполному набору эхосигналов, измеренных ультразвуковой антенной решёткой. *Вазулин Е.Г. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 402-405. Рус.

При проведении ультразвукового контроля изображение отражателей можно восстановить по эхосигналам, измеренным антенными решётками (АР) в режиме двойного сканирования. Его недостаток — большой объём полного набора эхосигналов, который пропорционален квадрату количества элементов АР, что приводит к уменьшению скорости контроля. Нелинейные методы восстановления изображения отражателей позволяют работать с неполными данными. К ним относится метод максимальной энтропии и метод распознавания со сжатием. Оба алгоритма позволяют с использованием менее 10% эхосигналов от полного набора восстановить высококачественное, то есть со сверхразрешением и высоким отношением сигнал/шум, изображение отражателей. Метод распознавания со сжатием позволяет дополнительно уменьшить объём обрабатываемых, передаваемых и хранимых данных. В модельных экспериментах показана работоспособность упомянутых выше методов.

24.02-01.204 Восстановление по ультразвуковым эхосигналам изображения отражателей с учётом анизотропных свойств объекта контроля. *Вазулин Е.Г. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 406-410. Рус.

Для повышения качества изображения отражателей в объектах контроля, содержащих области, обладающими анизотропными свойствами, предложена модификация алгоритма CSAFT. Анизотропия может быть, как однородной, так и неоднородной. Для расчёта времён задержек распространения импульса вдоль луча и его амплитуды использовался алгоритм, основанный на описании лучевой трубки в твёрдом теле. Для описания неоднородной анизотропии, характерной для композитных сварных соединений, использовалась модель MINA. Работоспособность предложенного подхода продемонстрирована в численных экспериментах при обработке эхосигналов, рассчитанных методом конечных разностей во временной области (КРВО). Приведён пример восстановления изображения отражателей в реальной ремонтной заварке.

24.02-01.205 Исследование активного фазового метода определения угловых координат и рассеивающей способности сложной цели. *Муяхин С.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 411-414. Рус.

Эхолоты широко применяются для поиска и определения характеристик подводных пузырьковых выходов газа, распространенных на дне морей, озер и водохранилищ. С помощью имитационной модели фазометрического эхолота исследована его способность определять угловые координаты и рассеивающую способность локализованной в пространстве цели, состоящей из многих дискретных частиц. Исследованы зависимости погрешности измерения направления на цель и ее рассеивающей способности от отношения сигнала к шуму и геометрических параметров. Найден алгоритм обработки данных, позволяющий достигнуть высокой точности измерения даже при низком отношении сигнала к шуму.

24.02-01.206 Оценка координат движущегося шумового источника с использованием высокочастотных сигналов. *Кузнецов Г.Н., Кузькин В.М., Пересёлов С.А., Провоцкий Д.Ю., Рыбьянец П.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 415-418. Рус.

Проанализированы результаты обработки высокочастотного эксперимента локализации движущегося шумового источника с использованием малогабаритной векторно-скалярной антенны. При обработке экспериментальных данных использовалась частотно-временная обработка, согласованная с интерференционной картиной, формируемой источником. Показана возможность восстановления временных зависимостей пеленга, скорости, удаленности и глубины источника. Дано объяснение экспериментальным данным на основе модельной двухлучевой интерферограммы, образованной прямым лучом и лучом, отраженным от свободной поверхности.

24.02-01.207 Влияние движения источника шумоизлучения на пороговое отношение сигнал/помеха в пассивном обнаружителе. *Егоров С.Б., Горбачев Р.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 419-422. Рус.

Предложена методика оценки порогового отношения сигнал/помеха в пассивном энергетическом обнаружителе, учитывающая нестационарность шумового сигнала, обусловленную движением источника шумоизлучения. Получена вероятностная характеристика обнаружения в момент выхода источника сигнала на направление акустической оси приемной антенны. Получена оптимальная импульсная характеристика последдетекторного низкочастотного фильтра-интегратора.

24.02-01.208 Формализация проблемы эпизодического проявления «квакеров». *Железный В.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 431-434. Рус.

Рассматривается проблема эпизодического наблюдения в режиме шумопеленгования звуков от не выявленных источников — «квакеров». Отмечается, что по данной проблеме не было разработано научного подхода. Для «квакеров», наблюдаемых в форме звуковизлучения в широких угловых секторах, предлагается объяснение на основе проявления эмиссии звука от микроструктур, находящихся в неустойчивом состоянии в воде, под воздействием энергии гидродинамических полей подводных лодок. Приводится способ выявления таких микроструктур или аналогичных им в реальной воде.

24.02-01.209 Эпизодическое расширение спектра реверберации от гидролокационных сигналов большой длительности. *Железный В.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 435-438. Рус.

В 1980-е годы при повышении длительности излучаемых гидро-

локаторами тонально-импульсных сигналов были отмечены случаи заметного расширения спектра реверберации. Поскольку указанное расширение спектра реверберации не мешало операторам производить обнаружение целей, его не исследовали и не фиксировали. С развитием средств цифровой обработки и отображения в гидролокации появилась возможность фиксировать указанное расширение спектра реверберации и выявлять места его проявления. Данное явление может быть связано с природными механизмами, определяющими работоспособность реверберационных параметрических приемных антенн.

24.02-01.210 Позиционирование векторного приемника в заданной системе координат. *Лосев Г.И., Луккин Г.С., Некрасов В.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 482-485. Рус.

Показано, что с помощью электронного компаса, установленного вместе с КГП в корпусе приемного модуля, возможно произвести привязку измерительных осей КГП к геодезической системе координат, что позволяет исключить влияние колебаний приемного модуля и расширить возможности обработки и анализа полученных результатов измерений. Позиционирование измерительных осей КГП по курсовому углу морского объекта — носителя КГП (МО) с помощью установленного на МО опорного бортового компаса позволяет точно определить траекторию движения внешнего источника шумоизлучения относительно МО.

24.02-01.211 Использование технологии MIMO-OFDM в системах гидролокации, гидроакустической связи, навигации и управления. *Басов В.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 503-506. Рус.

Рассмотрены особенности использования современных стандартов беспроводной связи для передачи информации в гидроакустическом канале. Показана эффективность применения технологий ортогонального частотного (OFDM) и пространственного (MIMO) разнесения как способа повышения скорости и достоверности передачи информации в канале с многолучевым распространением звуковых волн в водной среде.

24.02-01.212 Проблемы развития средств силовой электроники в гидроакустике в условиях импортозамещения. *Александров В.А., Буянов А.П., Казаков Ю.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 507-510. Рус.

Рассмотрены этапы развития устройств силовой электроники в гидроакустике. Представлены технические показатели современных ключевых преобразователей и усилителей мощности, использующих современную отечественную и зарубежную компонентную базу. Проведен сопоставительный анализ мощных полупроводниковых элементов отечественных и зарубежных производителей. Выявлены критические узлы силовой электроники, требующие обоснования использования ограниченной номенклатуры ЭКБ ИП.

24.02-01.213 Опыт отработки гидроакустического комплекса на стенде сопровождения изделия. *Шафранюк А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 511-514. Рус.

Рассматриваются вопросы отработки алгоритмического и программного обеспечения гидроакустического комплекса на стенде сопровождения. Уделяется внимание задаче подачи имитационных данных на вход специализированных вычислителей. Рассматриваются вопросы обеспечения временной диаграммы и поддержки обратной связи от оператора при имитации работы излучателей.

24.02-01.214 Плавно перестраиваемый электрический эквивалент низкочастотного гидроакустического преобразователя высокой мощности. *Бритенков А.К., Смирнов С.Ю., Круглов Н.Ю., Кушнерев Д.Н., Куневич А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября*

2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 529-532. Рус.

Электрические эквиваленты необходимы для испытаний на номинальной мощности и настройки системы возбуждения гидроакустических преобразователей. Высокая интенсивность излучаемого звука мощными пьезокерамическими излучателями накладывает специфические требования на конструктивное устройство и изготовление их электрических эквивалентов. При этом, из-за зависимости электрических параметров излучателя от глубины целесообразно иметь возможность плавной перестройки эквивалента. Предложен способ управления параметрами эквивалента во время непрерывной имитации излучения и плавном изменении глубины.

24.02-01.215 Перспективные методы изготовления пьезоэлектрической керамики для гидроакустических преобразователей. *Мараховский М.А., Панич А.А., Мараховский В.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 537-540. Рус.

Исследована возможность получения пьезоэлектрической керамики с задаваемыми в процессе изготовления характеристиками. Исследования выполнены на различных пьезоэлектрических материалах: на основе системы цирконат-титаната свинца и бесвинцовых материалах. Для достижения результатов применялись перспективные методы обжига: горячее прессование и искровое плазменное спекание. Полученные результаты подтвердили эффективность используемых методов с целью вариации свойств пьезоэлектрических материалов в широком диапазоне.

24.02-01.216 Низкочастотный глубоководный молекулярно-электронный гидрофон с компенсацией статического давления. *Рыжков М.А., Агафонов В.М., Зайцев Д.Л., Шабалина А.С., Егоров Е.В., Dimitrov D.L. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 541-544. Рус.

Представлены теоретические и экспериментальные данные о принципах работы низкочастотного глубоководного гидрофона на основе технологии молекулярно-электронного переноса с компенсацией статического давления. Представлено описание механизма компенсации давления. Приведены экспериментальные АЧХ и шумовые характеристики прототипа гидрофона с полосой пропускания 1–500 Гц и чувствительностью 30 мВ/мБар при различных статических давлениях. Продемонстрирована независимость характеристик гидрофона от статического давления в окружающей среде.

24.02-01.217 Совершенствование обтекателей антенн корабельных гидроакустических станций. *Виноградов А.В., Голдовский В.З., Маршов В.П., Цветков А.М. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 545-548. Рус.

Демпфирование конструкций обтекателей обеспечивает снижение помех, обусловленных вибрациями, вызванными турбулентным потоком вокруг обтекателя при увеличении скорости хода. Наиболее эффективным путем демпфирования является так называемый принудительный демпфирующий слой материала с высоким коэффициентом потерь. При использовании существующих материалов коэффициент потерь может быть увеличен в 10–20 раз по сравнению с исходными конструкциями, результатом чего будет снижение помех на 10–13 дБ.

24.02-01.218 Оценка координат стационарного или движущегося источника с использованием вертикальной векторно-скалярной антенны. *Драченко В.Н., Кузнецов Г.Н., Мизяков А.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 549-552. Рус.

Приведены и обсуждаются экспериментальные результаты обнаружения и оценки координат стационарного и движущегося по сложной траектории широкополосного источника. Эксперименты выполнены в мелком море. Согласованная фильтрация производилась с использованием лучевой модели волнового. Установлено хорошее согласие полученных эксперименталь-

но оценок и исходных данных.

24.02-01.219 Автономная вертикальная акустико-гидрофизическая измерительная система «Моллюск-19». *Ковзель Д.Г., Борисов С.В., Гриценко В.А., Рутенко А.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 557-560. Рус.

Вертикальная акустико-гидрофизическая измерительная система «Моллюск-19» позволяет измерять вариации акустического давления и температуру воды на 12-ти горизонтах, а также гидростатическое давление на 2-х горизонтах. Измерительная линия выполнена из взаимозаменяемых модулей датчиков (МД), соединяемых 3 метровыми кабелями. Аналого-цифровое преобразование сигналов производится в МД. Результаты передаются в регистратор в цифровой форме. Записанные системой данные используются для построения моделей распространения звука на шельфе и оценки модовой структуры акустических и внутренних волн.

См. также **24.02-01.189, 24.02-01.190, 24.02-01.191**

Гидроакустические преобразователи и антенны

24.02-01.220 Ложные сигналы, формируемые в цифровых системах обработки при работе гидролокатора освещения ближней обстановки. *Горланов Н.Е., Мищеряков Р.А., Соколов И.П., Тимошенко В.Г., Ярыгин В.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 52-55. Рус.

Рассматривается появление аномальных сигналов, возникающих на выходе системы цифровой обработки. В результате обработки реальных сигналов наблюдаются результаты сбоя, которые приводят к формированию квазиреальных сигналов, что приводит к снижению достоверности обнаружения и к ошибкам измерения параметров. Приведены примеры аномальных сигналов при обработке реальных эхосигналов на действующей цифровой системе.

24.02-01.221 Режекция ходовых помех от судовых гребных винтов. *Жуков В.Б., Подгайский Ю.П. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 60-63. Рус.

Рассмотрена адаптивная пространственная обработка сигналов антенной решетки с общей приемно-излучающей накладкой при пеленговании судов в направлении кормы. Осуществлена коррекция искажений характеристики направленности антенной решетки с общей приемно-излучающей накладкой, возникающих при сканировании главного луча характеристики направленности.

24.02-01.222 Модельная оценка помехоустойчивости каналов бортовой гидроакустической антенны режима шумопеленгования в поле вибраций обтекателя. *Горелов А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 64-67. Рус.

Компьютерным моделированием подтверждена возможность расчёта помехоустойчивости комбинированной антенны, состоящей из приёмников давления и колебательной скорости, находящейся в неоднородном поле помех, известным аналитическим методом. Рассмотрена помехоустойчивость антенны с импедансным акустическим экраном при различных алгоритмах обработки процессов в каналах приёмников давления и колебательной скорости. Показано преимущество оптимальной аддитивной обработки по сравнению с мультипликативной.

24.02-01.223 Об измерении электроакустических характеристик антенн, размещенных на подвижных носителях, с помощью подводного аппарата. *Годзишвили Г.Ю., Островский Д.Б. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 68-70. Рус.

Рассмотрено два известных способа реализации измерений полевых характеристик акустических антенн, размещенных на подвижных носителях, с помощью телеуправляемого подводного аппарата. Анализируются погрешности взаимного позиционирования носителя и подводного аппарата.

24.02-01.224 Разработка алгоритмов автоматической обработки изображений в гидролокаторах бокового обзора. *Войтов А.А., Корнеев А.Ю., Корнеев Ю.А., Зилинберг А.Ю. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 71-74. Рус.*

Применительно к гидролокаторам бокового обзора разрабатываются алгоритмы автоматической обработки изображений, формируемых на выходе приемника гидролокатора. К рассматриваемым алгоритмам относятся алгоритмы стационаризации изображений, повышения контраста мало контрастных объектов, обнаружения объектов на ГЛ-изображениях, классификации и идентификации обнаруженных объектов. Приводятся примеры алгоритмической обработки и автоматического выделения на изображениях объектов характерной структуры.

24.02-01.225 Анализ условий функционирования и основные требования алгоритмам обработки информации в гидролокаторах бокового обзора. *Войтов А.А., Корнеев А.Ю., Корнеев Ю.А., Зилинберг А.Ю. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 75-78. Рус.*

Производится анализ условий функционирования гидролокаторов бокового обзора. Формулируются основные требования к автоматическим алгоритмам обработки информации (изображений). Комментируются подходы к реализации набора частных функциональных алгоритмов, необходимых для реализации автоматической обработки изображений в гидролокаторах бокового обзора. Приводятся примеры алгоритмической обработки различных тестовых гидролокационных изображений.

24.02-01.226 Алгоритм "стационаризации" изображения, формируемого гидролокатором бокового обзора. *Вородин М.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 79-82. Рус.*

Предложен алгоритм «стационаризации» изображения, формируемого гидролокатором бокового обзора. Представлены результаты обработки алгоритмом экспериментальных данных.

24.02-01.227 Многолучевой параметрический гидролокатор бокового обзора. *Воронин В.А., Воронин А.В., Пивнев П.П., Тарасов С.П. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 83-85. Рус.*

Рассматривается возможность увеличения производительности работ по обзору пространства путем создания параметрического многолучевого гидролокатора бокового обзора. Расширение сектора обзора предлагается за счет поворота парциальных антенн параметрических излучателей, а образование веера лучей применением приемной параметрической антенны, образованной отраженными от поверхности дна высокочастотными сигналами, создаваемыми либо антенной накачки параметрического гидролокатора бокового обзора, либо дополнительной приемной высокочастотной антенной.

24.02-01.228 Глубоководный автономный цифровой гидролокатор бокового обзора. *Тронза С.Н., Римский-Корсаков Н.А., Анисимов И.М. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 86-88. Рус.*

В настоящее время актуальны глубоководные инструментальные геолого-геоморфологические исследования на континентальном склоне и шельфе, в том числе в морях Российской Арктики и на Черном море. В статье рассмотрены новые разработки Института океанологии в области глубоководных ГБО, выполненные с использованием современных технологий, таких как, передача данных по оптоволоконным линиям связи, формирование и корреляционная обработка сложных сигналов,

а также автономное электропитание подводной аппаратуры с использованием литий-ионных элементов.

24.02-01.229 Способ изготовления звукопоглощающих экранов для гидроакустических антенн. *Батазов А.К., Бродский Б.М., Гриненков А.В., Кузьмин А.А., Кожевникова Я.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 89-91. Рус.*

Рассматривается принцип работы звукопоглощающего материала в виде пластин на основе полимерной композиции и стеклянных микросфер с герметичными воздухозаполненными полостями. Приведены сравнительные результаты измерений характеристик направленности электроакустических преобразователей при наличии и в отсутствие акустических экранов из рассматриваемого материала. Сделан вывод об эффективности звукопоглощающего материала в широком диапазоне частот.

24.02-01.230 Реализация алгоритмов с линейными ограничениями для многоэлементных гидроакустических антенных решеток в условиях малых выборок. *Мельканович В.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 92-95. Рус.*

Рассмотрены проблемы реализации адаптивных алгоритмов, основанных на минимизации выходной мощности с линейными ограничениями для многоэлементных гидроакустических антенных решеток в условиях, когда число гидрофонов существенно превышает размерность входных выборок. Предлагаемое решение основано на переводе обработки сигналов из пространства элементов антенны в пространство элементов выборки и свободно от потерь помехоустойчивости, возникающих при использовании скользящего окна адаптации в пространстве каналов обзора.

24.02-01.231 Алгоритмический подход к задаче быстрого формирования веера каналов обзора многоэлементных конформных гидроакустических антенных решеток. *Мельканович В.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 96-99. Рус.*

Предложено алгоритмическое решение задачи формирования веера каналов обзора для многоэлементных антенных решеток (АР) нерегулярной формы, основанное на интерполяции выходов каналов обзора, сформированных на фрагментах АР. Процедура обеспечивает при контролируемом уровне точности достижение линейной зависимости числа необходимых арифметических операций от числа гидрофонов АР, сопоставимого с числом операций, характерным для быстрых процедур, применение которых возможно только для плоских и осесимметричных АР.

24.02-01.232 Шум турбулентного пограничного слоя в условиях неоднородности акустического импеданса его границы. *Гессен В.Р. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 108-110. Рус.*

Представлено решение задачи дифракции, указывающее на трансформацию псевдозвуковых пульсаций давления турбулентного пограничного слоя (ТПС) в звуковое излучение на неоднородности импеданса его границы. Приводятся расчётные спектры давления такого излучения в условиях однородного поля пульсаций ТПС и различных типов импедансных условий поверхности границы, включая неоднородность участков, сопрягаемых с изгибно-колеблющейся поверхностью.

24.02-01.233 Оптимизация параметров гидроакустического преобразователя биморфного типа. *Доля В.К., Коротояжский А.В., Панич А.Е., Чудаков А.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 111-113. Рус.*

Представлены результаты анализа функциональных зависимостей характеристик биморфного гидроакустического преобразователя от конструктивных особенностей его построения. Анализ проводился на основе результатов конечно-элементного

моделирования.

24.02-01.234 Цифровой векторно-скалярный приемник для гидроакустических исследований. *Галий С.Н., Доля В.К., Боев А.В., Панич А.А., Ламека А.П. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 114-118. Рус.

Представлены теоретические и экспериментальные данные о разработке гидроакустического векторно-скалярного приемника, состоящего из приемника акустического давления, приемников колебательной скорости и аналого-цифрового блока обработки и передачи информации.

24.02-01.235 Гидроакустический мониторинг водных биоресурсов дальневосточных морей: технологии работ и перспективы исследований. *Кузнецов М.Ю., Сыроваткин Е.В., Поляничко В.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 123-127. Рус.

Представлены результаты использования гидроакустических средств как одного из элементов системы мониторинга водных биологических ресурсов дальневосточных морей. Приводятся полученные эхоинтеграционным методом характеристики пространственной дифференциации и суточного вертикального распределения и миграций массовых видов рыб Охотского и Берингова морей и сопредельных вод СЗТО. К перспективным относятся исследования отражательных свойств гидробионтов, исследования влияния шумового поля судна на оценки запасов рыб, совершенствование программных средств сбора, визуализации и постпроцессинговой обработки гидроакустических данных.

24.02-01.236 Использование гидроакустических полей для управления поведением морских биологических объектов в процессе лова. *Кузнецов М.Ю., Шевцов В.И., Краснов В.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 128-131. Рус.

Представлены результаты исследований и разработки гидроакустических излучателей для направления и удержания (создания искусственных концентраций) промысловых беспозвоночных и рыб на намеченных акваториях и повышения эффективности их лова. Устройства позволяют генерировать под водой импульсные звуковые сигналы, имитирующие биологические сигналы различных видов рыб и хищных китообразных. Представлены амплитудно-временные и спектрально-энергетические характеристики излучаемых звуков. Приводятся результаты экспериментальных исследований по оценке реакции рыб в садке на сигналы гидроакустических излучателей.

24.02-01.237 Результаты сравнительной гидроакустической съёмки многоцелевым исследовательским эхолотом «МИЭЛ» с расщеплённым лучом (КБМЭ «ВЕКТОР») и научным эхолотом EY500 (SIMRAD). *Долгов А.Н., Раскина М.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 132-135. Рус.

Изложены результаты испытаний разработанного ООО КБМЭ «Вектор» многоцелевого исследовательского эхолота (МИЭЛ), предназначенного для количественной оценки рыбных скоплений. Выполнена совместная гидроакустическая съёмка на мелководном внутреннем водоёме с известным ихтиоценозом с целью сравнительной количественной оценки численности рыбы. Съёмка проводилась одновременно двумя эхолотами: российским МИЭЛ и норвежским EY500 с антенной ES70-11, использованным в качестве референсного прибора. Выполнена обработка полученных гидроакустических записей съёмки. Приведена совместная гистограмма распределения силы цели обнаруженных одиночных рыб.

24.02-01.238 Автономная радиогидроакустическая станция мониторинга морской обстановки в районах Северного Ледовитого океана. *Емельяненко В.Ф., Покровский А.А. Прикладные технологии гидроакустики и*

гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 136-138. Рус.

Рассматривается вариант создания автономной радиогидроакустической станции на базе большого морского ледового буя в интересах оборудования районов Северного Ледовитого океана. Предложены варианты построения якорной и дрейфующей модификаций станции, проведены оценки основных параметров.

24.02-01.239 Исследование эффективности малогабаритных гидролокационных станций для обнаружения пловцов в шельфовой зоне. *Драченко В.Н., Кузнецов Г.Н., Мизнюк А.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 139-142. Рус.

Анализируются результаты многолетнего опыта разработки и испытаний в натуральных условиях гидролокационных станций обнаружения малоразмерных движущихся тел, пловцов, рыбных скоплений и АНПА. Показана эффективность алгоритмов, разработанных малогабаритных технических средств, выполняющих траекторную фильтрацию для увеличения помехоустойчивости и точности целеуказания.

24.02-01.240 Экспериментальное исследование шумов обтекания в каналах комбинированного приемника при его работе на борту подводного планера (глайдера). *Касаткин Б.А., Касаткин С.Б. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 143-146. Рус.

Рассматриваются особенности работы комбинированного приёмника на борту подводного планера (глайдера) в собственных шумах обтекания, которые возникают при изменении горизонта позиционирования глайдера. Анализируются в сравнительном плане уровни шумов обтекания на выходе канала звукового давления и на выходе векторных каналов при различном определении информативных параметров, характеризующих звуковое поле в скалярно-векторном описании. Приводятся результаты натурального эксперимента, подтверждающие преимущества комбинированного приёмника в сравнении с гидрофоном при его работе в составе бортовой приёмной системы в ближнем поле собственных шумов глайдера.

24.02-01.241 Гидроакустическая система мониторинга гидрофизических параметров арктических морей (на примере Карского моря). *Гравин В.О., Попов И.К. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 167-171. Рус.

Произведены расчетные оценки реализации круглогодичного мониторинга гидрофизического состояния вод центральной части Карского моря на основе установленной системы из 9 буйковых станций (БС) путем создания гидроакустической системы связи со скоростью передач информации от каждой из БС к одной из них, принятой головной, и сбором информации по всей акватории с головной БС с экспедиционного судна или по подводному кабелю на береговой пост. Для районов арктических морей со сложным рельефом дна обсуждаются вопросы рациональности применения подводных кабелей и автономных необитаемых подводных аппаратов.

24.02-01.242 Оценка эффективности авиационной радиогидроакустической системы самолета ATL 2 при решении задач поиска с использованием мультистатистического режима с новым поколением радиогидроакустических буев. *Вакуменко С.А., Михайлов Г.К. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 172-175. Рус.

Приведены результаты оценки эффективности радиогидроакустической системы (РГС) поиска ПЛ самолёта ATL 2 в мультистатистическом режиме с использованием нового поколения радиогидроакустических буев.

24.02-01.243 Гидроакустическая антенна малогабаритного подводного аппарата. *Ермолаев Э.В., Махов В.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофи-*

зики. *Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 176-179. Рус.

Рассмотрена гидроакустическая плоская антенна круглой апертуры диаметром 90 мм с элементами в виде трёхсекционных преобразователей, приёмно-излучающие поверхности которых расположены на концентрических окружностях апертуры антенны.

24.02-01.244 Особенности построения антенных систем широкополосных гидролокаторов. *Воронин В.А., Пивнев П.П., Тарасов С.П. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 180-183. Рус.

Одним из направлений исследований Мирового океана является повышение эффективности средств освоения океана. Современные методы гидроакустики более эффективны при построении аппаратуры на принципах использования сложных широкополосных сигналов. Наиболее сложным звеном, с точки зрения обеспечения широкой полосы пропускания, в цепи приемно-излучающих трактов гидроакустической аппаратуры являются гидроакустические антенны. В работе представлены особенности построения широкополосных гидроакустических антенн систем подводного наблюдения и гидроакустической связи. Представлены результаты исследований, демонстрирующие возможность построения высокоэффективных широкополосных антенных систем гидроакустических комплексов связи и наблюдения.

24.02-01.245 О некоторых особенностях новой модификации гидростатического метода определения плотности морской воды. *Федотов Г.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 284-287. Рус.

Рассмотрен метод определения плотности морской воды, в основу которого положена совместная обработка сигналов системы датчиков давления, специальным образом расположенных в пространстве, при этом выходной сигнал системы нечувствителен к её наклону в исследуемой морской среде. Указана возможность определения плотности морской воды с помощью предложенной системы, установленной на подвижном носителе гидрофизической аппаратуры. Приведены некоторые конкретные варианты пространственной конфигурации датчиков. Выполнены соответствующие оценки погрешности определения плотности морской воды.

24.02-01.246 Комплексирование гидроакустической и видео информации. *Анисимов И.М., Римский-Корсаков Н.А., Тронза С.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 316-318. Рус.

Рассматривается технология представления гидролокационных и видео данных, позволяющая оценить состояние исследуемых объектов на морском дне в мезо- и микро масштабе. Методы гидролокации бокового обзора являются необходимым инструментом при исследовании подводных объектов естественного или техногенного происхождения. Интерпретация гидролокационных изображений осуществляется, главным образом, сравнением с каталогизированными гидролокационными изображениями форм подводного рельефа и объектов. Однако, из-за многообразия форм рельефа и различных ракурсов съемки, изображения могут существенно отличаться друг от друга.

24.02-01.247 Моделирование зон наблюдения моностатических и бистатических гидролокационных систем с учетом угловой зависимости силы цели. *Малый В.В., Цыбин В.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 353-357. Рус.

Рассмотрены особенности оценки эффективности моностатических и бистатических гидролокационных систем на основе моделирования и визуализации ожидаемых зон наблюдения с учетом угловой зависимости гидролокационной заметности цели, движущейся заданным курсом.

24.02-01.248 Влияние волнения моря на эффек-

тивность гидроакустических средств при обнаружении подводных объектов в Авачинском заливе. *Волгин П.Н., Ковалевский Н.Г., Малый В.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 362-365. Рус.

Особенностью применения гидроакустических средств в Авачинском заливе является необходимость учета сложного состава внешних шумовых помех. В нормальных условиях наибольший уровень помех в звуковом диапазоне частот обусловлен интенсивным судоходством. Однако значительные уровни волнения моря (более 3-х баллов) обеспечивают превышение данного вида помех над всеми другими составляющими. В процессе функционирования системы освещения подводной обстановки в данном районе важен учет влияния волнения на эффективность применения гидроакустических средств. Это позволяет организовать совместное функционирования гидроакустических средств и средств освещения подводной обстановки, на которые влияние уровня волнения распространяется в значительно меньшей степени.

24.02-01.249 Применение цифровых картографических наборов данных в задачах освещения подводной обстановки и диспетчеризации геопроцессов. *Ивакин Я.А., Потапычев С.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 423-426. Рус.

Освещение подводной обстановки и диспетчеризация геопроцессов неразрывно связаны с учетом условий географического театра применения гидроакустических средств, гидрологических и геофизических особенностей. В современных гидроакустических комплексах и системах такой учет невозможен без использования соответствующих цифровых картографических наборов данных, которые содержат необходимую информацию по параметрам окружающей среды в стандартизированном и координированном виде. Рассмотрению и детализации специфических приемов применения указанных наборов в программном обеспечении современных и перспективных гидроакустических комплексов посвящен данный доклад.

24.02-01.250 Направления развития генераторных устройств с цифровым управлением для гидроакустических систем освещения ближней обстановки. *Буянов А.П., Калашников С.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 499-502. Рус.

Рассмотрены особенности построения многоканальных генераторных устройств для возбуждения фазированных антенных решеток гидроакустических излучающих трактов режимов освещения ближней обстановки (ОБО). Приведены этапы развития передающей аппаратуры и обоснована целесообразность применения ключевых усилителей мощности и преобразователей напряжения. Обоснованы преимущества реализации ГУ ОБО с применением элементной базы ведущих зарубежных производителей. Показаны возможности импортозамещения для создания отечественного аналога цифрового гидроакустического передающего тракта. Рассмотрены особенности использования современных стандартов беспроводной связи для передачи информации в гидроакустическом канале. Показана эффективность применения технологий ортогонального частотного (OFDM) и пространственного (MIMO) разнесения как способа повышения скорости и достоверности передачи информации в канале с многолучевым распространением звуковых волн в водной среде.

24.02-01.251 Использование ультразвуковой дефектоскопии в производственном цикле изготовления гидроакустических антенн. *Ватанов А.К., Бродский Б.М., Гриценков А.В., Кузьмин А.А., Кожневникова Я.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 569-572. Рус.

Рассматривается возможность применения и практическая

реализация метода иммерсионного неразрушающего контроля в производственном цикле изготовления приемных гидроакустических антенн. Приводятся результаты автоматизированного ультразвукового исследования приемного блока гидроакустической антенны на предмет наличия производственных дефектов в сравнении с данными измерений его акустических характеристик.

24.02-01.252 Разработка цилиндрических гидроакустических излучателей с заданными характеристиками. *Батанов А.К., Бродский Б.М., Кузьмин А.А., Пестерев И.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 573-575. Рус.

Рассматривается конструкция и технология изготовления свободно обтекаемого цилиндрического излучателя на основе секционированного пьезоцилиндра, в состав которого включены пассивные вставки с модулем упругости, отличным от материала пьезокерамики. Продемонстрирована возможность управления частотой радиального резонанса пьезоцилиндра при минимальных изменениях в конструкции. В результате испытаний пьезоцилиндра на электрическую и механическую прочность, воздействие гидростатического давления получены высокие его эксплуатационные характеристики.

24.02-01.253 Оценка дисперсии амплитудно-фазовых разбросов характеристик гидроакустических преобразователей в антенной решетке по результатам измерений Z-метровых характеристик. *Богданов Т.К., Романов М.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 576-579. Рус.

Представлены методы оценки амплитудно-фазовых разбросов чувствительности каналов многоэлементных гидроакустических антенн по результатам измерений акустического давления и Z-метровых характеристик в бассейне. Произведен анализ результатов измерений дисперсии амплитудно-фазовых разбросов, полученных с помощью Z-метровых характеристик и моделирования эквивалентных схем.

24.02-01.254 К вопросу применения шумоподобных сигналов в активных гидролокаторах автономных систем освещения подводной обстановки. *Калминский Б.Г., Павлов А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 580-583. Рус.

Рассматриваются результаты сравнительного исследования свойств шумоподобных сигналов для их оптимального использования в гидролокаторах автономных систем освещения подводной обстановки. Приводятся результаты моделирования и обработки эхосигналов от взволнованной морской поверхности.

24.02-01.255 Экологический аспект диверсификации военно-экономического потенциала гидроакустического приборостроения. *Шатохин А.В., Селезнев И.А., Ивакин Я.А., Греков А.Н. Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2022, № 4, с. 22-31.* Рус.

Решение задач диверсификации оборонно-промышленного комплекса страны применительно к предприятиям гидроакустического приборостроения потребовало качественно новых парадигм и подходов к организации их производственных процессов, процессов разработки и проектирования новых видов техники и пр. Одним из аспектов указанных изменений, переструктурирования военно-экономического потенциала в рамках диверсификации ОПК явился новый взгляд на вопросы экологичности оборонного производства и приложения возможностей гидроакустического приборостроения для решения практических экологических задач на водных акваториях страны. Анализу перспективности усилий по совершенствованию военно-экономического потенциала гидроакустического приборостроения в указанном аспекте посвящена данная статья.

См. также **24.02-01.18, 24.02-01.164, 24.02-01.189, 24.02-01.190, 24.02-01.191, 24.02-01.197, 24.02-01.198, 24.02-01.199, 24.02-01.200, 24.02-01.211, 24.02-01.212, 24.02-01.213, 24.02-01.214, 24.02-01.215, 24.02-01.216, 24.02-01.217, 24.02-01.218, 24.02-01.219**

Подводные измерения и калибровка аппаратуры

24.02-01.256 Оценки потерь на поглощение при близком к вертикальному излучении и приеме. *Львов К.П. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 184-186. Рус.

Оценивание поглощения производится по различным соотношениям, зависящим от частоты, температуры, солёности и гидростатического давления (формулы Вадова, Франкойса и Гаррисона) и только от частоты. Коэффициенты поглощения определяются с использованием набора данных по Мировому океану World Ocean Atlas 2018 и по данным буев Argo. Приводятся примеры оценок потерь на затухание в различных точках Мирового океана. Оценки сравниваются и даются рекомендации по расчету.

24.02-01.257 Требования к величине шага сетки при расчёте прогноза параметров корреляционных максимумов, используемых для оценки дальности и глубины источника гидроакустического сигнала. *Корецкая А.С., Мельжанович В.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 323-326. Рус.

Произведён анализ влияния величины шага сетки при расчёте прогноза задержек корреляционных максимумов на возникновение ошибок временного (вертикального разностно-дальномерного) метода оценки координат источника сигнала. Основываясь на результатах анализа изменения значений задержек корреляционных максимумов по дистанции, сформулированы требования к величине шага сетки.

24.02-01.258 Моделирование натуральных условий при воспроизведении и передаче единицы звукового давления. *Исаев А.Е., Черников И.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 439-442. Рус.

Рассматриваются особенности калибровки гидрофонов в диапазоне температур от 0,5 до 35°C при избыточных статических давлениях до 60 МПа. Рассмотрен состав, принципы функционирования, и метрологические характеристики измерительной установки для калибровки глубоководных гидрофонов в условиях, приближенных к условиям применения. Проведён анализ источников погрешности. Представлены экспериментально полученные частотные характеристики чувствительности гидрофонов в зависимости от избыточного статического давления и температуры.

24.02-01.259 Экспериментальная оценка источников неопределённости измерений полной мощности ультразвукового пучка в воде методом гравитационного уравновешивания радиационной силы. *Еняков А.М., Кузнецов С.И., Лукин Г.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 451-454. Рус.

Приведены результаты метрологических исследований эталонного измерителя полной мощности ультразвукового пучка в воде в диапазоне частот от 0,5 до 20 МГц. Рассмотрен гравитационный метод измерения мощности ультразвука, его особенности, преимущества и недостатки. Проведена оценка источников неопределённости при измерении радиационной силы акустического сигнала на эталонном измерителе мощности ультразвука ЭИМУ-3.

24.02-01.260 Методика оценки пространственного распределения уровня акустических шумов, формируемых в Пильтунском прибрежном районе кормления серых китов судами, работающими с платформами

«Пильтун-Астохская-Б» и «Моликпак». *Рутенко А.Н., Фершалов М.Ю., Ущиповский В.Г. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 459-462. Рус.

A technique based on specially performed full-scale spatial measurements and 3D numerical modeling using the parabolic mode equation is presented. The spectral functions of equivalent point sources of anthropogenic acoustic noise generated in coastal Piltun area of summer-autumn feeding of gray whales by the new vessels of Sakhalin Energy Investment Company Ltd., which serve the operation of the PA-B and Molikpак gas and oil production platforms, are constructed. The results of numerical simulations carried out using the sources equivalent to the vessels are consistent with field measurements.

См. также 24.02-01.164, 24.02-01.198, 24.02-01.199, 24.02-01.200, 24.02-01.201, 24.02-01.210, 24.02-01.222, 24.02-01.223, 24.02-01.224, 24.02-01.225, 24.02-01.226, 24.02-01.227, 24.02-01.228, 24.02-01.229, 24.02-01.230, 24.02-01.231, 24.02-01.234, 24.02-01.235, 24.02-01.236, 24.02-01.237, 24.02-01.239, 24.02-01.240, 24.02-01.241, 24.02-01.245, 24.02-01.246

Компьютерное моделирование в гидрофизике и гидроакустике

24.02-01.261 Автоматическое сопровождение цели со сглаживанием в декартовых координатах при учете радиальной составляющей скорости. *Светличная А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 156-159. Рус.

Рассмотрен алгоритм автоматического сопровождения цели со сглаживанием в декартовых координатах при учете независимых измерений радиальной составляющей скорости. По результатам имитационного моделирования выполнена оценка достижимых ошибок сглаживания и экстраполяции.

24.02-01.262 Испытания блока пеленгации малогабаритной системы позиционирования на базе моноблочного комбинированного векторного приемника. *Галутин В.З., Волк Г.М., Смирнов П.Н., Кочетов О.Ю. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 160-162. Рус.

Представлены результаты испытаний макета блока пеленгации малогабаритной системы позиционирования на базе моноблочного комбинированного векторного приемника. Чувствительным элементом приемника является цилиндрический пьезокерамический моноблок с секционированными электродами. Реализован алгоритм обработки сигналов с выходов секций моноблока, позволяющий исключить особые точки пеленгационной характеристики.

Атмосферная и аэроакустика

Распространение и рассеяние на турбулентности и на неоднородных течениях

24.02-01.265 Применение оптической регистрации фазы акустической волны для измерения характеристик турбулентности. *Стефанов С.Р., Трохан А.М. Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 5, с. 1015-1022. Рус.*

Рассмотрена возможность использования одного из оптических методов регистрации акустического поля для измерения турбулентных характеристик прозрачных сред. Обсуждаются некоторые схемы измерения. Получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать глубину модуляции светового потока и некоторые параметры измерительного прибора. Проведено сравнение с экспериментальными данными.

См. также 24.02-01.34, 24.02-01.79, 24.02-01.199, 24.02-01.202, 24.02-01.221, 24.02-01.222, 24.02-01.223, 24.02-01.224, 24.02-01.225, 24.02-01.226, 24.02-01.227, 24.02-01.228, 24.02-01.229, 24.02-01.230, 24.02-01.231

Лабораторное экспериментальное моделирование

24.02-01.263 Разработка гидроакустического оборудования и технологий в интересах топливно-энергетического комплекса. *Гладиллин А.В. Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2021, № 3, с. 94-105. Рус.*

Статья посвящена созданию в Акустическом институте имени академика Н.Н. Андреева (АКИИ) в интересах российского топливно-энергетического комплекса акустического оборудования для обеспечения выполнения геологоразведочных, инженерных и добычных работ на морском шельфе. Обсуждены перспективы развития в связи с процессами диверсификации и возможные меры государственной поддержки.

24.02-01.264 Информационное обеспечение вопросов эксплуатации изделий гидроакустического вооружения. *Ивакин Я.А., Шатохин А.В. Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2021, № 4, с. 90-99. Рус.*

Неуклонное усложнение изделий гидроакустической техники требует совершенствования методов поддержания её технической готовности к применению, развития существующей системы эксплуатации морской радиоэлектроники. В современных условиях традиционные формы удаленной поддержки и периодических мероприятий технического обслуживания, реализуемые поставщиками гидроакустического оборудования, не в полной мере удовлетворяют потребностям поддержания технической готовности указанных изделий. Сегодня предприятия морского приборостроения выступают не только разработчиками, изготовителями высоко сложных приборов, изделий военной, гражданской и специальной техники, но и фактически участвуют в поддержании эксплуатационной готовности на всех этапах их жизненного цикла. Это в полной мере относится к изделиям гидроакустического оборудования. На сегодняшний день назрела необходимость в усовершенствовании концептуальной схемы взаимодействия предприятий морского приборостроения и служб эксплуатации судоходных компаний, создании соответствующей информационно-сопроводительной сети для сопровождения изделий гидроакустического оборудования на всех этапах их жизненного цикла. Анализ путей реализации указанной организационно-технической схемы посвящена данная статья.

См. также 24.02-01.164, 24.02-01.200, 24.02-01.202, 24.02-01.213, 24.02-01.234, 24.02-01.235, 24.02-01.236, 24.02-01.237, 24.02-01.239, 24.02-01.240, 24.02-01.248, 24.02-01.256, 24.02-01.258, 24.02-01.261, 24.02-01.262

Аэро-термо-акустика и акустика горения

См. 24.02-01.145

Ударные и взрывные волны, звуковой удар

24.02-01.266 Влияние экрана из гранулированного материала на многократное отражение плоской ударной волны внутри замкнутого объема. *Мирова О.А., Баженова Т.В., Голуб В.В. Теплофизика высоких температур. 2020. 58, № 1, с. 144-147. Рус.*

Рассмотрено распространение и многократное отражение плоской ударной волны внутри канала с закрытыми торцами, один из которых защищен экраном из гранулированного лег-

ко разрушаемого материала. Волна распространялась по ударной трубе, при отражении от торца разрушала защитный экран и далее многократно отражалась от обоих закрытых торцов ударной трубы. Установлена зависимость уменьшения давления на фронте отраженной ударной волны от толщины защитного слоя и величины зазора между защитным экраном и закрытым торцом ударной трубы.

См. также 24.02-01.22, 24.02-01.23, 24.02-01.40, 24.02-01.69

Аппаратура и методы для измерения атмосферных параметров, ветра, турбулентности, температуры, загрязняющих выбросов

См. 24.02-01.265

Авиационная акустика

24.02-01.267 Акустическая и электрофизическая диагностика двухфазного высокоэнтальпийного потока. Результаты экспериментальных исследований. *Рудинский А.В., Ягодников Д.А., Гришин С.А., Горбунов А.Е., Бурков А.С., Бобров А.Н., Сафонова Д.В. Теплофизика высоких температур.* 2021. 59, № 5, с. 737-746. Рус.

На экспериментальной установке, состоящей из модельного жидкостного ракетного двигателя, работающего на компонентах топлива “газообразный кислород—керосин”, выполнены исследования электрофизических и акустических характеристик высокоэнтальпийного двухфазного потока при температурах в камере сгорания 3550—2900 К с твердыми частицами, попадающими в поток в результате эрозии вставки критического сечения сопла из углерастика. Скорость газового потока на срезах соответствовала числу Маха 2.2—1. Зарегистрированы электрофизические и акустические параметры двухфазного высокоэнтальпийного потока, а также вибрационные характеристики конструкции модельного жидкостного ракетного двигателя. С помощью датчика электрического поля установлено, что частицы углерода создают в струе избыточный отрицательный электрический заряд. При анализе амплитудных спектров акустического поля истекающей струи и вибраций конструкции определены частоты, находящиеся в диапазоне 1200—1800 Гц и характеризующие рабочий процесс в камере сгорания модельного жидкостного ракетного двигателя.

24.02-01.268 Проблемы лучшего теплообмена в гиперзвуковой аэродинамике. *Коньков А.А., Ней-*

ланд В.Я., Николаев В.М., Пластинин Ю.А. Теплофизика высоких температур. 1969. 7, № 1, с. 140-164. Рус.

Исследования движений газовых сред с учетом переноса лучистой энергии в прошлом относились к области астрофизики и метеорологии. Однако в последнее десятилетие, в связи с потребностями космической техники, значительные усилия были затрачены на изучение радиационного теплообмена в воздухе и других смесях газов при температурах, соответствующих режимам входа космических летательных аппаратов в атмосферу Земли и других планет. Обсуждение роли радиационного теплообмена в аэродинамическом нагреве началось в середине 1950-х годов (в Советском Союзе — Бибераман, за рубежом — Мейерот). К настоящему времени по этому вопросу имеется обширная литература, в том числе ряд обзорных статей. Они, однако, не содержат результатов, достигнутых за последние десять лет (1957—1967 гг.). В настоящей статье авторы предприняли попытку устранить этот пробел.

24.02-01.269 Ламинарный сверхзвуковой пограничный слой в условиях диффузионного водородно-воздушного пламени и его устойчивость. *Гапонов С.А., Морозов С.О., Семенов А.Н. Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 6, с. 1159-1175. Рус.

В приближении Дана—Линя—Алексеева и при постоянных числах Прандтля и Шмидта сформулирована задача гидродинамической устойчивости пограничного слоя с диффузионным горением, которая сводится к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений десятого порядка с однородными граничными условиями. При числах Льюиса, равных единице, она может быть понижена до восьмого порядка. В невязком приближении задача устойчивости сводится к интегрированию одного дифференциального уравнения второго порядка. На основе полученных уравнений устойчивости и расчетов стационарных параметров течения прямым численным моделированием впервые исследована устойчивость сверхзвукового пограничного слоя с диффузионным горением на проницаемой пластине с подачей водорода через ее поры. При числе Маха $M=2$ с помощью расчетов установлена возможность стабилизации течения пламенем. Показано, что в рамках невязкой теории устойчивости могут быть получены достаточно надежные данные о максимальных степенях роста возмущений.

См. также 24.02-01.11, 24.02-01.38, 24.02-01.133

Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

См. 24.02-01.269

Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

Лабораторные исследования линейных и нелинейных свойств скальных пород, грунтов, глин, сыпучих сред и моделей геологических структур

24.02-01.270 Вариации спектров сигналов ультразвукового зондирования при лабораторных испытаниях образцов горных пород. *Шихова Н.М., Патонин А.В., Пономарёв А.В., Смирнов В.В. Физика Земли.* 2022, № 4, с. 167-180. Рус.

В условиях трехосной деформации на управляемом гидравлическом прессе, при всестороннем давлении 5, 10 и 15 МПа, проведены эксперименты на песчанике, базальте и граните. Эксперименты на песчанике и базальте проводились с подачей и последующей модуляцией давления порового флюида (вода), а на граните — без подачи флюида. Регистрировались как сигналы акустической эмиссии (АЭ), возникающие в процессе разрушения материала, так и сигналы ультразвукового зондирования (УЗ) по 16 направлениям. По данным ультразвукового зондиро-

вания обнаружено изменение спектра мощности сигналов УЗ на разных стадиях испытания образца. Показано, что изменения медианы спектра мощности сигналов УЗ (медианной частоты — f_{med}) могут достигать более 100% в зависимости от степени разрушения породы, при этом изменения в спектральном составе сигналов УЗ динамичнее отражают развитие трещиноватости в образце, чем скорости распространения упругих волн. Обнаружена зависимость медианной частоты от прикладываемой осевой нагрузки. Показано, что при насыщении флюидом сухого образца происходит сильное смещение f_{med} в область низких частот. Смещение отдельных спектральных составляющих сигналов зондирования может служить индикатором изменений, происходящих в образце. Уменьшение величины f_{med} свидетельствует об увеличении степени разрушенности образца. Наиболее ярко этот эффект проявляется на высокопористых песчаниках.

Акустические волны в многофазных средах

24.02-01.271 Нелинейная локализованная волна в

метаматериале, математическая модель которого получена методом альтернативной континуализации. *Ерофеев В.И., Колесов Д.А., Леонтьева А.В. Проблемы прочности и пластичности. 2022. 84, № 2, с. 157-167. Рус.*

Приведено определение метаматериала как класса веществ со сложно организованной внутренней структурой и с уникальными физико-механическими свойствами. Как правило, такой материал представляет собой сложную периодическую систему, в узлах которой расположены не материальные точки, а тела малых, но конечных размеров, обладающие внутренними степенями свободы. Для описания метаматериалов часто используются градиентные континуумы, получаемые путем континуализации уравнений движения дискретных решеток, состоящих из одинаковых масс и пружин различной жесткости. При этом модель градиентного континуума должна быть динамически непротиворечивой, то есть устойчивой и обеспечивающей конечную скорость переноса энергии, в то время как в большинстве градиентных моделей групповая скорость волн неограниченно возрастает с частотой. Добиться динамической непротиворечивости модели градиентного континуума позволяет метод континуализации, предложенный А. Метрикинским и Х. Аскесом, суть которого заключается в предположении о нелокальной связи между смещениями узлов решетки и получаемого континуума (метод альтернативной континуализации). В статье указаный метод обобщен на случай конечных деформаций и применен для получения нелинейной динамически непротиворечивой модели метаматериала (градиентноупругой среды). В рамках полученной модели исследовано формирование в градиентноупругих средах пространственно локализованных нелинейных волн, представляющих собой солитоны деформации и их периодические аналоги. Знак безразмерного параметра, представляющего собой отношение нелинейной добавки к жесткости пружины к ее линейной жесткости, влияет на полярность солитона. Показано, что для положительных значений параметра (жесткая нелинейность) солитон имеет отрицательную полярность; для отрицательных значений параметра (мягкая нелинейность) солитон имеет положительную полярность. Величина нелинейности не влияет на скорость распространения волн и их ширину, но влияет на их амплитуду.

Сейсмическое зондирование геологических структур

24.02-01.272 Слабая сейсмичность и сильнейшие землетрясения на фоне вариаций поля поглощения S-волн. *Аптикаева О.И. Физика Земли. 2023, № 3, с. 96-109. Рус.*

Рассматривается роль относительно слабых землетрясений как инструмента изучения среды, в том числе, в процессе реализации сильных событий. Рассмотрена пространственная структура поля поглощения нескольких сейсмоактивных районов (Гармского прогностического полигона в Таджикистане, Алтай, Кавказа, Восточной Анатолии, Западного Тянь-Шаня), а также эпицентральных областей ряда сильнейших землетрясений и приуроченность к ней “заглубленной” сейсмичности. Показано, что поле поглощения, полученное по короткопериодной коде слабых землетрясений в сейсмически активных районах, неоднородно и состоит из добротных блоков и ослабленных зон сильного поглощения. Отмечается неравномерность распределения “заглубленных” землетрясений. Она связывается с блоковым строением: в ослабленных зонах их доля больше, чем в добротных блоках. Демонстрируются примеры вариации активности “заглубленной” сейсмичности в ослабленных зонах. Она варьирует во времени, увеличиваясь перед сильными землетрясениями. Приводятся факты, свидетельствующие о существовании связи между скоростью вращения Земли и активностью “заглубленной” сейсмичности. Приводятся примеры активизации слабой сейсмичности в виде сейсмических роев (серий слабых землетрясений, сконцентрированных в пространстве и во времени) в связи с сильными событиями. Характерной чертой этих роевых серий является изометричность областей локализации землетрясений в плане и вытянутость по вертикали. Они, как правило, совпадают с ослабленными зонами сильного поглощения S-волн. Интенсивная локализованная

сейсмичность, приуроченная к одномерным объемам, вероятнее всего, связана с каналами повышенной проводимости, по которым, мигрируют глубинные флюиды. Активизация роевых серий является результатом активной миграции глубинных флюидов и роста флюидонасыщенности ослабленных зон. Флюиды, в свою очередь, являются катализатором процессов, приводящих к уменьшению прочности пород и разрушению блоков в эпицентральных зонах. В данном случае кластеры, к которым относятся роевые серии, могут рассматриваться как локальные сейсмогенные зоны. Появление компактных изометричных в плане и близвертикальных в разрезе кластеров слабой сейсмичности нередко наблюдается и вне эпицентральных зон сильных землетрясений. Такие зоны могут быть просто индикаторами сейсмотектонической обстановки в регионе в целом. Предполагается, что резкое изменение динамики атмосферного давления в период подготовки сильного землетрясения на гидротестостанциях, расположенных в таких районах, является следствием межгеосферного взаимодействия литосферы и атмосферы. Одним из основных механизмов аномального поведения атмосферного давления в процессе реализации сильных событий представляется глубинная дегазация. Она наиболее активна в ослабленных зонах. Механизмы воздействия глубинной дегазации на внешние геосферы остаются предметом дискуссий.

24.02-01.273 О вибросейсмической диагностике локальных неоднородностей в грунте. *Заславский Ю.М., Заславский В.Ю. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2023, № 6, с. 2360302. Рус.*

Изложены результаты 3D — трёхмерного численного моделирования мало-глубинного вибросейсмического зондирования локальных неоднородностей в верхних слоях осадочной толщи. Рассматриваются возможности развития мониторинга и реконструкции параметров упругого полупространства, совершенствования методов диагностики локальных неоднородностей и удалённого контроля подземных инженерных сооружений. С этой целью представлен анализ пространственного распределения акустических откликов — упругих волн, рассеянных неоднородностью сферической формы (полая, водозаполненная), залегающей на некоторой глубине под свободной границей грунта. При анализе используются гармоническая и импульсная зависимость от времени у зондирующих посылок, создаваемых невзрывными источниками колебаний. При моделировании применяется модель излучателя в виде монополя, установленного под свободной поверхностью. Регистрация рассеянных волновых сигналов осуществляется вдоль свободной границы по линии, идущей от точки источника на удалении через эпицентр инородной сферы. Пространственное распределение откликов по амплитуде демонстрируется на графиках и на рельефах в планарном и вертикальном сечениях. На основе данных моделирования поля рассеяния установлены информативные признаки для диагностики материальных и геометрических параметров локальных неоднородностей, залегающих в геосреде.

Исследование геологических сред с использованием сейсмического шума

См. **24.02-01.272, 24.02-01.273**

Обратные задачи сейсмоакустики

24.02-01.274 Повышение эффективности численного моделирования сейсмических вибраций заглубленных сооружений с учетом взаимодействия с грунтовым основанием. *Баженов В.Г., Дюжина Н.С. Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 4, с. 470-480. Рус.*

Расчет заглубленных крупногабаритных сооружений на заданные сейсмические воздействия должен учитывать поле жесткости, контактное взаимодействие с грунтом. Представление безграничного полупространства грунта ограниченной конечно-элементной областью требует принятия мер по исключению влияния краевых эффектов на результаты решения. Предложены и проанализированы способы повышения эффективности численного решения и подавления краевых эффектов: алгоритм восстановления кинематического воздействия по за-

данной на поверхности экспериментальной сейсмограмме, применение наложенных сеток для разделения падающих и излученных от сооружения волн и квазиравномерных сеток с вязкостью для гашения волн на бесконечности. Алгоритм восстановления сейсмограммы основывается на сопоставлении дискретного аналога экспериментальной сейсмограммы с результатами одномерной задачи о пробеге тестового импульса в грунтовой среде и учитывает переотражение упругих волн в многослойном грунте с горизонтальными дневной поверхностью и границами раздела сред. Метод наложенных сеток позволяет приблизить источник сейсмического воздействия к фундаменту сооружения. Излученные сооружением вторичные волны-помехи беспрепятственно выходят в техническую подобласть с разрежающей сеткой, где для гашения волны и шумов, связанных с численной дисперсией решения на неоднородностях сетки, расчеты ведутся с применением линейной вязкости. Предложенный подход с применением наложенных сеток позволяет на порядки сократить время численных расчетов, поскольку только в примыкающей к зданию подобласти задаются мелкие сетки и ведется учет нелинейных эффектов (контактного взаимодействия, упругопластического деформирования). Использование квазиравномерных сеток с введением линейной вязкости приводит к сокращению вычислительных затрат на два порядка в двумерных задачах и на три порядка в трехмерных задачах.

24.02-01.275 Оценка интенсивности сейсмических нагрузок от взрывных работ на охраняемые объекты Накынской нефтебазы. *Бондаренко И.Ф., Ковалевич С.В., Никитин Р.Я. Маркшейдерия и недропользование.* 2023, № 6, с. 68-76. Рус.

С целью оценки интенсивности сейсмических нагрузок от взрывных работ на углубленный фундамент с установленными в них стальными вертикальными резервуарами РВС-2000 для хранения нефтепродуктов в 2021 году авторами был выполнен инструментальный замер колебаний грунта на основании охраняемых объектов. При этом с помощью сейсмометрических методов была определена фактическая нагрузка на охраняемые объекты по шкале сейсмической интенсивности MSK-64 в натуральных условиях производства БВР на карьерах Мирнинско-Нюрбинского горно-обогатительного комбината (МНГОК). По результатам проведенных исследований были разработаны рекомендации по определению параметров БВР, обеспечивающих сейсмическую безопасность резервуаров РВС-2000 Накынской нефтебазы.

24.02-01.276 Земная кора и верхняя мантия Восточно-Китайского моря (сейсмомографическая и гравитационная модели). *Петрищевский А.М. Тихоокеанская геология.* 2022, 41, № 5, с. 43-54. Рус.

Рассматриваются гравитационные и сейсмомографические модели тектоносферы, детализирующие и уточняющие строение земной коры и подкорковой мантии этого региона. Земная кора Восточно-Китайского моря значительно разуплотнена, и это разуплотнение продолжается в подкорковой мантии до глубины 40–45 км. Показано существование широкой зоны растяжения СЗ-простираения, связанной с трансформными сдвигами на западной границе Тихоокеанской плиты. В восточных районах Восточно-Китайского моря нижний слой океанической филиппинской литосферы пододвинут под дугу Рюкю и далее — под вязкий подкорковый слой континентального шельфа. В центральных районах моря океаническая литосфера надвинута на литосферу континентальной окраины. В подастиносферном срезе верхней мантии на западной границе Филиппинской плиты (средний фрагмент дуги Рюкю) обнаружены признаки структуры центрального типа вероятного плюмового происхождения.

24.02-01.277 Затухание сейсмических волн в литосфере Приамурья. *Путатенко В.В. Тихоокеанская геология.* 2023, 42, № 1, с. 76-88. Рус.

Представлены результаты определения параметров затухания сейсмических волн (сейсмической добротности на частоте 1 Гц Q_0 и частотного параметра n) в литосфере Приамурья. По кодам поверхностных L_g -волн получены оценки параметров затухания на региональном масштабе, выделены основные наиболее сильные их пространственные вариации, параметр Q_0 из-

меняется от 380 на юге Приморья до 600 на северо-западе Приамурья. По кодам объемных S-волн от близких землетрясений, зарегистрированных на станциях локальной сейсмологической сети Бурейской ГЭС, получены усредненные оценки сейсмической добротности и частотного параметра для области радиусом несколько сотен километров вокруг Бурейской ГЭС, при ширине окна 20 с добротность Q_0 составляет 103, частотный параметр — 0.806. Такие значения характерны для регионов с умеренной сейсмичностью и подтверждают существенный сейсмический потенциал территории. Использование сведений об актуальных значениях параметров затухания сейсмических волн позволяет точнее и более обоснованно связывать параметры очагов гипотетических землетрясений и ожидаемые интенсивности вызываемых ими сотрясений и тем самым устранить одно из существенных упрощений, свойственных картам Общего сейсмического районирования.

24.02-01.278 Триггерные факторы усиления сейсмической активности Приамурья. *Меркулова Т.В. Тихоокеанская геология.* 2023, 42, № 3, с. 72-82. Рус.

Изучено годовое распределение сейсмической активности Приамурья. Выявлено увеличение выделившейся сейсмической энергии ($M \geq 3$) в 1970–1975 гг., 1985–1986 гг., 1994–1995 гг., 2003–2005 гг. Усиления сейсмичности в эти годы соответствуют пикам сейсмической активности, во всем мире, что позволяет утверждать, что в иницировании достаточно сильных землетрясений во внутриплитных условиях Приамурья участвует такой глобальный процесс, как изменение скорости вращения планеты. Максимальное выделение сейсмической энергии происходит, когда частота и соответственно скорость вращения планеты минимальна или максимальна, что позволяет рассматривать этот процесс триггером усиления сейсмичности в регионе. Распределение энергии слабых землетрясений по годам ($M < 3$), кроме пиков сейсмичности, характерных для достаточно сильных событий, показывает повышения сейсмической активности в 1980–1983, 1990, 1998, 2000–2001, 2007 гг., которые соответствуют периодам усиления сейсмической активности глубокофокусных землетрясений в Тихоокеанской зоне субдукции. Этот факт позволяет рассматривать сейсмическую активность Тихоокеанской зоны субдукции как дополнительный триггер слабой сейсмичности Приамурья.

24.02-01.279 О различии физических механизмов разноглубинных землетрясений и характера их ионосферного отклика. *Родкин М.В., Литеровская Е.В. Физика Земли.* 2023, № 3, с. 48-62. Рус.

Согласно парадоксу сейсмичности, землетрясения по механизму обычного хрупкого разрушения не могут возникать на глубинах более нескольких десятков км. Для объяснения более глубоких землетрясений было предложено несколько моделей, которые, однако, не были убедительно подкреплены данными об изменении с глубиной параметров очагов землетрясений. В статье даны примеры прекращения сейсмичности на уровне земной коры, несмотря на несомненное продолжение аналогичных сдвиговых смещений и глубже. По мировым данным продемонстрировано изменение ряда средних параметров землетрясений от глубины. Характер этих изменений согласуется с ожидаемым различием физических механизмов землетрясений по глубине и существенно уточняет принятое разделение землетрясений на мелкие, промежуточные и глубокие. Различия физических механизмов землетрясений предполагает возможное различие характера их предвестников. По часовым данным станции вертикального зондирования ионосферы “Токио” за 1957–2020 гг. показано различие характера сейсмоионосферного эффекта для разноглубинных землетрясений (по данным о более 300 событий) с предположительно разным доминирующим механизмом сейсмогенеза. Оценена средняя амплитуда вариаций критической частоты foF2, обеспечивающая возникновение наблюдаемых аномалий, она составляет всего 2–3% от величины foF2. Разграничение землетрясений по глубине позволило повысить статистическую значимость наблюдаемого сейсмоионосферного эффекта.

24.02-01.280 Отклик песчаных и глинистых грунтов при слабых и сильных сейсмических воздействиях. *Дещереская Е.В., Павленко О.В. Физика Земли.* 2023, № 4, с. 146-162. Рус.

Анализируется отклик песчаных и глинистых приповерхностных грунтов (представляющих классы несвязных и связных грунтов) на сейсмические воздействия различной интенсивности по данным наблюдений *in situ* — по записям вертикальных групп японской сети сильных движений KiK-net. Из общего числа станций (~800) для анализа выбрано по 5 станций с приповерхностными песчаными и глинистыми грунтами, представленными в верхних слоях в наиболее чистом виде. Для “песчаных” и “глинистых” станций по методике (Pavlenko, Irikura, 2003) построены и проанализированы модели поведения грунта при сильных движениях, показывающие вертикальные распределения напряжений и деформаций, вызванных землетрясениями, в грунтовых слоях. Получены близкие оценки усиления сейсмических волн в песках и глинах при слабых движениях и близкие зависимости напряжение—деформация, характеризующие поведение приповерхностных грунтов при сейсмических движениях умеренной силы. Выполнен анализ разжижения песчаных грунтов при сильных движениях (землетрясение Тохоку 2011 г., с $M_w \sim 9.0$). Исследовано влияние эффектов протяженных сейсмических очагов (направленность их излучения) на поведение песчаных и глинистых грунтов и усиление в них сейсмических волн. Различия в поведении песчаных и глинистых грунтов отмечены лишь при сильных движениях: в песчаных грунтах возможно разжижение при уровне грунтовых вод порядка нескольких метров от поверхности, а в глинистых грунтах разжижения нет.

См. также 24.02-01.273

Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

24.02-01.281 Колебания магистральной трубы, ослабленной водородной коррозией, как слоистой оболочки. *Филиппенко Г.В., Зиновьева Т.В. Математическое моделирование в естественных науках.* 2022, № 1, с. 304-307. Рус.

Водородная коррозия труб магистральных газо- и нефтепроводов часто приводит к авариям. Возникает необходимость оценки ресурса ослабленных водородом труб. Проведен расчет свободных колебаний такой трубы с учетом деградации материала. Труба моделируется слоистой оболочкой по классической теории, влияние ослабленного водородом слоя учитывается при расчете жесткостей и смещения нейтральной линии оболочки. Найденные собственные частоты трубы совпадают со значениями, полученными методом конечных элементов в программе ANSYS. Предложен подход по определению степени поражения водородной коррозией трубы по её частотным характеристикам.

24.02-01.282 Колебания полубесконечного подземного трубопровода под действием сейсмической волны. *Носов С.Е. Вестник МГУ. Сер. 1: Математика. Механика.* 2023, № 6, с. 56-62. Рус.

Получено точное аналитическое решение задачи о совместных нестационарных колебаниях упругого грунта и полубесконечного подземного трубопровода, вызванных распространением вдоль его оси продольной сейсмической волны при условии жесткой заделки его конца. Исследовано возникающее напряженно-деформируемое состояние для дозвукового и сверхзвукового режима распространения сейсмической волны. Результаты исследования могут быть использованы при расчете деформации нефтепроводов и газопроводов при сейсмических нагрузках.

Акустика Земли и планет

24.02-01.283 Система деформационно-газового мониторинга «м. Шульца». *Долгих Г.И., Долгих С.Г., Овчаренко В.В., Стёпочкин И.Е., Чупин В.А., Яцук А.В. Экологические системы и приборы.* 2024, № 2, с. 32-39. Рус.

Описана система деформационно-газового мониторинга, состоящая из газоанализатора, лазерных деформографов, лазерного нанобарографа и метеостанции, предназначенная для изучения корреляционных связей между деформацией земной ко-

ры и потоком климатически активных газов. При обработке полученных первичных данных выявлены общие закономерности в поведении деформации земной коры, концентрации углекислого газа и изменении атмосферного давления. Кроме того, обнаружены мощные суточные с полусуточными пиками в спектрах записей деформации верхнего слоя земной коры, вариаций атмосферного давления и концентрации углекислого газа. Ключевые слова: деформация, земная кора, эмиссия, углекислый газ, пары воды, атмосферное давление. DOI: 10.25791/esip.2.2024.1431.

24.02-01.284 О волне напряжений в теле земли, обусловленной дифференциальным вращением мантии и ядра. *Февральский Л.Н. Проблемы прочности и пластичности.* 2023. 85, № 2, с. 267-274. Рус.

Сейсмическая энергия, образовавшаяся в результате упругой деформации тектонических плит или блоков пород, реализуется разгрузкой при деформациях, превышающих предел прочности пород. Общепринятые в настоящее время модели очага землетрясения по сути являются локальными и не в состоянии установить связь сейсмической активности с некоторыми геофизическими явлениями планетарного масштаба. Одна из особенностей сейсмичности — повторяемость сильных землетрясений в одном месте через определенный интервал времени. Цель настоящей статьи — исследование влияния дифференциального вращения твердого ядра Земли и мантии на сейсмические процессы. Установлено, что скорость вращения твердого ядра превышает скорость вращения мантии. В относительном движении твердое ядро совершает один оборот предположительно за 200—400 лет. Ранее, исходя из этого, было предложено объяснение долгопериодических вариаций длительности суток. В настоящей статье на простой механической модели показано, что дифференциальное вращение упругой мантии и твердого ядра эллипсоидальной формы порождает волну напряжений в теле Земли. Представление о волне напряжений является качественно новым в физическом описании сейсмического процесса. Для демонстрации этого эффекта приведено решение задачи о деформировании упругой сферической оболочки, взаимодействующей с вращающимся в ее полости твердым телом в форме гантели. При решении задачи использован аппарат шаровых векторов. Построено распределение напряжений сферического слоя внутри оболочки и выделены зоны наибольшего риска. Показано, что учет дифференциального вращения приводит к миграции зон наибольшего риска с периодом, равным половине периода полного оборота гантели относительно оболочки (100—200 лет). Результаты могут быть полезны при изучении связи между сейсмичностью и режимами вращения планеты.

24.02-01.285 Корреляция акустических характеристик и возраста базальных горизонтов кайнозойского осадочного чехла Японского моря. *Терехов Е.П., Харченко Т.А., Ли Н.С. Тихоокеанская геология.* 2022. 41, № 2, с. 44-58. Рус.

Исследованы скоростные разрезы и акустические характеристики осадочного чехла Центральной (Японской), Ямато (Хонсю), Цусимской котловин и отрога Кита-Ямато Японского моря, а также пород фундамента и кайнозойского чехла подводной возвышенности Ямато. Выполнен сравнительный анализ аналогичных характеристик кайнозойских бассейнов Южно-Китайского и Восточно-Китайского окраинных морей. Выполнен анализ связи акустических свойств (скорости продольных волн — V_p) базальных горизонтов и возраста кайнозойского чехла в указанных бассейнах. Обосновано, что значения $V_p = 3.0—3.6$ км/сек являются акустической характеристикой осадочных толщ палеоцен-эоценового возраста. Согласно выполненным исследованиям, базальные слои в предполагаемых депонцентрах котловин Японского моря (Центральная, Ямато, Цусимская) имеют значения $V_p = 3.0—3.3$ км/сек, что указывает на палеоцен-эоценовое время начала их образования.

24.02-01.286 Продольные сдвиги в островной дуге при нормальном поддвиге океанической плиты: пример Камчатки. *Кожурин А.И., Пинегина Т.К., Пономарева В.В. Тихоокеанская геология.* 2023. 42, № 5, с. 92-104. Рус.

Продолжающаяся со среднего плейстоцена деформация зем-

ной коры Камчатки определяется двумя процессами: надсубдукционным растяжением, вызываемым смещением ее восточной части в сторону океана вслед за погруженной частью океанической плиты, и, сразу к северу от зоны субдукции, поперечным сокращением вследствие сближения с ней Командорского блока Алеутской дуги. Области разнонаправленных движений и деформаций Камчатки разделяет левосторонняя горизонтальная флексура, выраженная изгибами в плане поднятия Восточных хребтов, глубоководного желоба и, как следствие, оси Восточного вулканического пояса. Кинематически флексура заменяет ожидаемый между двумя по-разному деформируемыми частями Камчатки поперечный левосдвиговый разлом. Выявленные правосторонние смещения вдоль продольных разломов в северной части поднятия Восточных хребтов Камчатки представляют результат вращения против часовой стрелки смыкающего крыла флексуры. Тефрохронологическим методом датированы высокая аллювиальная терраса р. Камчатки, смещенные формы рельефа, а также нарушенные разломами слои почвенно-пирокластического чехла. Из полученных определений возраста следует, что повторяемость подвижек по разломам смыкающего крыла флексуры составляет примерно раз в 3–5 тыс. лет, средняя за вторую половину голоцена скорость сдвиговых смещений — порядка 1 мм в год. Сопоставление значений скорости и максимальной величины накопленного сдвигового смещения долины р. Камчатки предполагает, что горизонтальные движения начались не позже второй половины среднего плейстоцена. Это означает также, что долина р. Камчатки в то время уже существовала, а ее antecedентная часть сформировалась при врезе в растущее поднятие Восточных хребтов. Величина общего сдвигового смещения по всем разломам смыкающего крыла флексуры со второй половины среднего плейстоцена может быть оценена величиной примерно в 1 км. В целом, полученные результаты указывают на возможность сдвиговых движений вдоль продольных разломов в островной дуге при нормальном к ней направлении поддвига океанической плиты.

24.02-01.287 Нелинейные пылевые звуковые волны

в экзосфере Меркурия. *Извекова Ю.Н., Попель С.И., Голубь А.П. Физика плазмы. 2023. 49, № 10, с. 1010-1015. Рус.*

Экзосфера Меркурия, имеющая много общего с экзосферой Луны, также может содержать взвешенные пылевые частицы, которые под действием интенсивного солнечного излучения приобретают положительные заряды и являются одной из составляющих плазменно-пылевой системы. Кроме пылевых частиц, над поверхностью планеты присутствуют фотоэлектроны, образованные в результате взаимодействия солнечного излучения с поверхностью планеты, а также с взвешенными пылевыми частицами. Меркурий, в отличие от Луны, имеет свою магнитосферу, что отражается на параметрах плазменно-пылевой системы. Параметры пылевой плазмы у поверхности Меркурия могут изменяться в зависимости от расстояния планеты до Солнца, которое заметно меняется при движении по вытянутой орбите, а также в зависимости от локализации рассматриваемой области на поверхности планеты. Так, вблизи магнитных полюсов солнечный ветер может достигать поверхности планеты, что необходимо учитывать при определении параметров плазмы. Вне магнитных полюсов влиянием солнечного ветра можно пренебречь. В пылевой плазме у поверхности Меркурия можно ожидать развития линейных и нелинейных волновых процессов. В работе рассматриваются нелинейные волны — пылевые звуковые солитоны и нелинейные периодические волны. Получены профили потенциала солитонов большой амплитуды и нелинейных периодических волн, получены зависимости амплитуды солитонов от высоты над поверхностью планеты и скорости солитонов. Ключевые слова: пылевая плазма, экзосфера Меркурия, нелинейные волны, пылевые звуковые солитоны.

См. также **24.02-01.276**

Акустика в космологии и астрофизике

См. **24.02-01.287**

Акустическая экология; Шумы и вибрации

Шумы и вибрации в воздушной среде

24.02-01.288 Активное гашение интенсивных периодических сигналов в воздуховоде. *Пудовкин А.А., Кузнецов Г.Н., Кутажов С.И., Сугарцов А.А., Кешков Д.И., Китанов М.Ю., Майзель А.Б., Смагин Д.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 584-585. Рус.*

Выполнено экспериментальное исследование эффективности активного гашения мощных узкополосных сигналов, возбужденных вентилятором или первичным электродинамиком внутри цилиндрического воздуховода. Управление гашением производится с использованием разнесенной вдоль цилиндрической поверхности системы многоканальных микрофонов и управляемых вторичных электродинамиков. Гашение производится на основе предварительной идентификации акустических полей и построения моделей первичного и вторичного путей распространения звука. Показано, что узкополосные низкочастотные и среднечастотные составляющие подавляются на величины 25–30 дБ.

24.02-01.289 Акустические испытания и измерение звукоизоляции от воздушного шума конструкций перекрытий с применением цементно-перлитной смеси. *Редько Ю.Б. Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 2, с. 31-35. Рус.*

Приведены результаты анализа и систематизации вопросов организации и осуществления измерений показателей звукоизоляции воздушного ударного шума ограждающими конструкциями. рассмотрены требования нормативно-технической документации к методике измерений и обработке результатов, а так-

же приведены итоги сравнительных испытаний междуэтажных перекрытий, полученные в соответствии с рассматриваемой методикой.

24.02-01.290 Актуализация алгоритма моделирования виброакустического воздействия блочно-модульных крышных котельных в программном комплексе STARK ES. *Плотников А.С. Перспективы науки. 2023, № 9, с. 64-71. Рус.*

Представлен актуализированный алгоритм моделирования виброакустического воздействия блочно-модульных крышных котельных в программном комплексе STARK ES, обобщающий известные и актуализированные методы моделирования виброакустического воздействия на строительные конструкции и пол от инженерного оборудования крышных котельных. Задача исследования — прогнозирование виброакустического воздействия от инженерного оборудования с целью оценки звукоизоляции строительных конструкций крышных котельных для последующей подготовки технической документации, предназначенной для строительства жилых зданий. Представленный в статье алгоритм апробирован на практике и позволяет в лабораторных условиях с помощью компьютерного моделирования производить исследование, связанные с оценкой звукоизоляции строительных конструкций и виброакустическим воздействием от инженерного оборудования крышной котельной (задание динамических воздействий от оборудования) на плиту покрытия здания в программном комплексе STARK ES. Моделирование как способ повторения позволяет увеличить вариативность действия при проведении экспериментов с целью последующей фиксации данных.

24.02-01.291 Экспериментальное исследование эффективности шумоглушения в глушителе с псевдоож-

женным слоем. *Теляшов Д.А., Павлов Г.И., Накоряков П.В., Сузювая Е.А. Труды Академэнергo. 2019, № 4, с. 36-50. Рус.*

Целью работы является исследование характеристик глушителя шума, основанного на псевдооживленном слое. Основным методом исследований является экспериментальный. В работе приведены результаты экспериментальных исследований по определению влияния размеров гранул на эффект шумоглушения и гидравлического сопротивления псевдооживленного слоя. Исследования проводились на испытательном стенде, позволяющем моделировать газодинамические процессы в аэродинамической камере пульсирующего горения. Полученные результаты легли в основу создания глушителя шума аэродинамической камеры пульсирующего горения.

Подводные шумы и вибрации

24.02-01.292 Модель шумоизлучения морского судна. *Прокопович В.В., Шафранюк А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 100-104. Рус.*

Работа посвящена формированию модели шумоизлучения морского судна в интересах имитационного моделирования гидроакустических систем. В работе производится объединение нескольких наиболее современных моделей шумов морских объектов с учётом дополнительных факторов, которые отсутствуют в этих моделях. Полученная модель нуждается в верификации, однако её применение существенно расширит возможности по отработке и синтезу алгоритмов классификации и сопровождения морских объектов.

24.02-01.293 Использование цифровой модели гидроволнового лотка для исследования взаимодействия одиночной волны с подводными препятствиями. *Захаров Ю.Н., Зимин А.И., Нуднер И.С., Семенов К.К., Яшин М.Е. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 235-238. Рус.*

Рассматривается цифровой аналог гидроволнового лотка для генерации одиночных волн. Эта математико-вычислительная модель позволяет проводить исследование взаимодействия одиночных и нерегулярных волн с препятствиями, стоящими на дне лотка, берегом и связным грунтом. Приводятся результаты численных расчётов для задач с различными видами препятствий.

24.02-01.294 Вариабельность и вариативность спектров шумов надводных кораблей. *Волкова А.А., Консон А.Д. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 319-322. Рус.*

Проведен анализ вариабельности шумовых сигналов по форме сплошной части спектра для отдельных надводных кораблей в процессе длительного наблюдения, а также их вариативности по совокупности надводных кораблей с различными тактико-техническими характеристиками. На основании лабораторного анализа натуральных записей показано, что форма сплошной части спектра для отдельных надводных кораблей в течение длительного времени достаточно устойчива, но при этом обладает высокой вариативностью относительно других кораблей, значительно превышающей её вариабельность в сопоставимых показателях.

24.02-01.295 О влиянии обрастания стеклопластиковых обтекателей на их шумоизлучение при обтекании потоком. *Виноградов А.В., Колышницын В.А., Коротков Н.А., Черешнев А.Л. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 561-564. Рус.*

В ходе эксплуатации стеклопластикового обтекателя его шумоизлучение при обтекании потоком выросло. На прямолинейной части на двух углах наблюдения замечены более высокие уровни шумоизлучения гидродинамической природы. Анализ причин наблюдавшегося показал, что обрастание поверхности ракушечником и водорослями приводило к росту уровней тур-

булентных пульсаций давления на поверхности обтекателя и, как следствие, к более интенсивному шумоизлучению. Из-за значительного роста вибрации возникающие в обтекателе продольные волны создавали дополнительное излучение на характерных углах наблюдения. После зачистки обтекателя его шумоизлучение на всех углах наблюдения упало до прежних значений.

См. также **24.02-01.200, 24.02-01.208, 24.02-01.210, 24.02-01.232, 24.02-01.240, 24.02-01.254, 24.02-01.255**

Биологические эффекты шумов и вибраций

24.02-01.296 Механизмы влияния шума на профессиональные качества операторов авиационных эргатических систем. *Харитонов В.В., Шешегов П.М., Сливина Л.П. Проблемы безопасности полетов. 2023, № 7, с. 31-54. Рус.*

Предметом исследования является акустическая безопасность профессиональной деятельности авиационных специалистов, включающее анализ: особенностей эксплуатации речевого канала управления авиационной эргатической системы, функциональной надежности оператора авиационной эргатической системы, источников авиационного шума, способов моделирования воздействия шума на надежность деятельности оператора, надежности деятельности экипажей воздушных судов и физиологических механизмов воздействия авиационного шума на оператора авиационной эргатической системы. Новизна исследования обусловлена системностью и направленностью на выявление проблем безопасности профессиональной деятельности авиационных специалистов, обусловленных воздействием шума на рабочих местах при обслуживании полетов и их подготовки. Методология исследований включает методы теории надежности, гигиенических исследований, медицины труда, доказательной медицины, математической статистики и инженерной акустики. Показано, что авиационный шум является источником потенциальной опасности, обусловленной повышенным риском ошибочных действий авиационных специалистов и развитие у них шумовой патологии, приводящей к профессиональной дисквалификации. Результаты исследования показывают необходимость разработки специальных средств и методов обеспечения акустической безопасности профессиональной деятельности авиационных специалистов как неотъемлемой части системы обеспечения безопасной эксплуатации воздушного транспорта.

Структурная акустика и вибрации

24.02-01.297 Нестационарные волны в линейно-вязкоупругом цилиндре с жестким включением. *Коровайцева Е.А., Пшеничнов С.Г., Бажалекова Е., Желязов Т. Проблемы прочности и пластичности. 2022. 84, № 1, с. 5-14. Рус.*

Построено решение нестационарной динамической задачи для линейно-вязкоупругого однородного бесконечно длинного цилиндра с жестким осевым включением, подверженного воздействию осесимметричной радиальной нагрузки, равномерно распределенной вдоль образующей. На поверхности контакта с жестким включением перемещения равны нулю. Наследственные свойства материала цилиндра учитываются с помощью линейного интегрального соотношения Больцмана—Вольтерра, а коэффициент Пуассона материала считается не зависящим от времени. К исходной задаче применено интегральное преобразование Лапласа по времени и проведен анализ решения в изображениях. В случае, когда наследственное ядро является экспоненциальным двухпараметрическим, оригиналы перемещения и напряжений построены в форме рядов. Получены асимптотические формулы для напряжений за фронтом, впервые пришедшим от нагруженной границы. Построенное решение нестационарной задачи справедливо во всем диапазоне изменения времени и не требует, чтобы вязкость была малой. С помощью построенного решения для случая экспоненциального ядра релаксации проведены исследования волнового процесса в поперечном сечении цилиндра при различных исходных

данных. Установлено, что в случае сжимающей внешней нагрузки на границе контакта с жестким включением в определенные моменты времени возникают существенные растягивающие напряжения. Они уменьшаются с ростом параметра, характеризующего вязкость материала. При ступенчатом изменении во времени внешней нагрузки исследована зависимость максимальных растягивающих напряжений на границе с жестким включением от относительного радиуса включения и параметра вязкости материала.

24.02-01.298 Разработка алгоритма определения степени утомляемости человека-оператора под воздействием вибрации. *Тихунова К.В., Брысин А.Н., Микаева С.А. Автоматизация и современные технологии.* 2022, № 7, с. 322-327. Рус.

Рассмотрен вопрос отбора методов исследования утомляемости мышц человека в системе оператор-джойстик. Приведены способы снятия потенциалов с мышц человека. Рассмотрена применимость выбранного метода для оценки работы объекта исследования. Дан обзор методик диагностирования параметров уставания мышцы в системе оператор-джойстик.

24.02-01.299 Под воздействием вибрации. *Тихунова К.В., Брысин А.Н., Микаева С.А. Автоматизация и современные технологии.* 2023, № 7, с. 322-327. Рус.

Рассмотрен вопрос отбора методов исследования утомляемости мышц человека в системе оператор-джойстик. Приведены способы снятия потенциалов с мышц человека. Рассмотрена применимость выбранного метода для оценки работы объекта исследования. Дан обзор методик диагностирования параметров уставания мышцы в системе оператор-джойстик.

24.02-01.300 Компьютерное моделирование виброиспытаний системы амортизации на тросовых виброизоляторах. *Доронин С.В., Рейзмунт Е.М., Похабов Ю.П. Автоматизация и современные технологии.* 2023, № 12, с. 550-555. Рус.

Рассмотрены два варианта организации виртуальных виброиспытаний с установлением взаимосвязи между частотной и временной областями с помощью прямого и обратного преобразования Фурье. Проведены модельные натурный и виртуальный эксперименты с макетом системы амортизации на тросовых виброизоляторах для типовых режимов транспортирования. Результаты виртуальных виброиспытаний согласуются с экспериментальными данными с необходимой точностью, что позволяет перенести принятие принципиальных технических решений с этапа натурных испытаний на более ранние стадии жизненного цикла.

См. также **24.02-01.290, 24.02-01.293**

Поглотители слабых и интенсивных акустических волн

24.02-01.301 Влияние конструктивных параметров звукопоглощающей конструкции на динамические характеристики. *Ефимик В.А., Чекалкин А.А. Математическое моделирование в естественных науках.* 2022, № 1, с. 107-110. Рус.

При проектировании и модернизации существующих звукопоглощающих конструкций (ЗПК) авиационного двигателя (АД) из полимерных композиционных материалов актуальной задачей является проведение расчетно-экспериментальных исследований влияния её конструктивных параметров на собственные частоты и формы колебаний для прогнозирования резонансных явлений с целью их исключения. В данной работе в качестве исследуемого параметра выбрана высота трубчатой панели ЗПК. Проведен модальный анализ трубчатой панели ЗПК, выполненной из материалов ВПС-33 и ВКУ-39. Проведено исследование влияния параметра высоты на собственные частоты и формы колебаний трубчатой панели ЗПК.

24.02-01.302 Исследование акустической эффективности звукопоглощающей конструкции с разновысотным наполнителем. *Писарев П.В., Ахунзянова К.А. Математическое моделирование в естественных науках.* 2023,

№ 1, с. 264-266. Рус.

Представлены физическая и математическая модели расчета акустических характеристик ячеек звукопоглощающих конструкций различного объема. Приведены результаты численных экспериментов по моделированию акустической волны в модельном канале с резонаторами различного объема при наличии потока. Показано, что разработанная звукопоглощающая конструкция высокоэффективна и обеспечивает широкую полосу рабочих частот.

Шумоизоляция

24.02-01.303 Результаты акустических испытаний перекрытий, содержащих гипсоволокнистые листы. *Редько Ю.Б. Кровельные и изоляционные материалы.* 2018, № 6, с. 36-39. Рус.

Даются результаты анализа и систематизации вопросов организации и проведения измерений показателей изоляции ударного шума междуэтажными перекрытиями. Рассмотрены требования нормативно-технической документации к методике измерений и обработке результатов, а также приведены результаты испытаний межквартирных перекрытий, полученные по данной методике.

24.02-01.304 Некоторые особенности изоляции перекрытий с применением звукотеплоизоляционных рулонов из минерального волокна. *Керник А. Кровельные и изоляционные материалы.* 2019, № 1, с. 12-14. Рус.

Рассматриваются особенности изоляции перекрытий, где идеально применяются материалы компании ООО «УРСА Евразия».

24.02-01.305 Определение нормального коэффициента звукопоглощения изделия на основе стеклоткани. *Редько Ю.Б. Кровельные и изоляционные материалы.* 2019, № 1, с. 32-34. Рус.

На основании анализа регламентирующей документации автор предлагает методику измерения нормального коэффициента звукопоглощения изделия, а также приводит полученные с ее помощью результаты.

24.02-01.306 Техноэласт акустик: тишина — рукотворная роскошь. *Кровельные и изоляционные материалы.* 2019, № 3, с. 14-16. Рус.

Тишина в современном мире становится роскошью. Каждый миг мир пытается через самые различные звуки напомнить о своем неугомонном и шумном характере. В итоге назойливый шум, в том числе внутри здания, становится негативным фактором, разрушающим здоровье и психику человека. Хотя справедливости ради следует отметить, что существующая отечественная нормативная база и инновации в строительной промышленности позволяют эффективно оградить людей от этого нежелательного воздействия. Причем функционал и тип строительных конструкций не имеет значения. Paper states that modern soundproofing systems are not only consumer characteristics of the building, but also a marketing advantage in the construction of apartment buildings, office centers, hotels.

24.02-01.307 Звукоизоляция светопрозрачных ограждающих конструкций с использованием ПВХ-профилей. *Редько Ю.Б. Кровельные и изоляционные материалы.* 2019, № 3, с. 30-34. Рус.

На основании информационного анализа предлагается методика, а также приводятся полученные с ее помощью экспериментальные данные звукоизоляции блоков оконных из ПВХ-профилей в зависимости от конструктивного исполнения, наличия и конструкции наборных элементов.

24.02-01.308 Звукоизоляция оконных конструкций с использованием ПВХ-профилей. *Редько Ю.Б. Кровельные и изоляционные материалы.* 2019, № 4, с. 37-41. Рус.

На основании информационного анализа предлагается методика, а также экспериментально полученные данные о звукоизоляции оконных блоков из ПВХ-профилей в зависимости от конструктивного исполнения, наличия и конструкции наборных элементов.

24.02-01.309 Как правильно сделать звукоизоляцию стен и перегородок в квартире? Керник А.Г. Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 5, с. 10-13. Рус.

Рассматриваются решения, позволяющие в значительной степени снизить уровень шума, проникающего с улицы или соседних помещений.

24.02-01.310 К вопросу о звукоизоляции стеновых панелей. Редько Ю.Б. Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 5, с. 34-37. Рус.

На основании информационного анализа предлагается методика, а также приводятся полученные с ее помощью экспериментальные данные о звукоизоляции панелей стеновых в зависимости от конструктивного исполнения, наличия и вида наполняемого материала.

24.02-01.311 Звукоизоляция светопрозрачных конструкций. Редько Ю.Б. Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 6, с. 21-24. Рус.

На основании информационного анализа предлагается методика, а также приводятся полученные с ее помощью экспериментальные данные звукоизоляции блоков оконных из ПВХ-профилей.

24.02-01.312 Сравнительные акустические испытания трех типов стеновых панелей. Редько Ю.Б. Кровельные и изоляционные материалы. 2020, № 1, с. 32-35. Рус.

На основании информационного анализа предлагается мето-

дика, а также приводятся полученные с ее помощью экспериментальные данные звукоизоляции панелей стеновых в зависимости от конструктивного исполнения, наличия и вида наполняемого материала.

24.02-01.313 Современные материалы для теплоизоляции зданий. Ковтун Н.С., Посвеженная В.П., Чекалова А.Э. Перспективы науки. 2023, № 1, с. 89-91. Рус.

В качестве ключевых инструментов сокращения энергопотребления зданий в данной статье были рассмотрены такие материалы, как аэрогелевая изоляция, вакуумные изоляционные панели и материалы на биооснове. Теплоизоляционные свойства аэрогелевой изоляции стабильны при температуре до 150°C. Благодаря низкому внутреннему давлению вакуумные изоляционные панели могут стать разумным решением для значительного снижения теплопотерь зданий, но если говорить о их долговечности, то она неизвестна. Материалы на биооснове, состоящие из природной извести, воды и стружки конопли обладают отличной способностью не только к теплоизоляции, но и к звукопоглощению, причем с содержанием стружки конопли в количестве 20%.

См. также **24.02-01.289, 24.02-01.302**

Активные методы подавления шума

См. **24.02-01.288**

Акустика помещений; Музыкальная акустика

Акустика концертных залов

24.02-01.314 Развитие архитектуры концертных залов в аспекте социальных изменений концертной деятельности. Глухова А.В. Перспективы науки. 2020, № 7, с. 111-116. Рус.

Рассматриваются тенденции и пути развития архитектуры концертных залов на основе исторических этапов их развития, современных социальных аспектов развития концертной деятельности. На основании результатов исследования были установлены основные характеристики и социальные модели организации концертной деятельности, влияющие на проектирование концертных залов. Используется комплексный подход на основе взаимосвязи соблюдения принципов организации концертных залов, особенностей проведения концертной деятельности и ожиданий потребителей. В результате исследования представлены основные векторы развития архитектуры концертных залов.

Общие вопросы архитектурной акустики

24.02-01.315 Акустические изделия на основе модифицированного гипсового вяжущего. Кадро М.Б., Минаяева А.М. Перспективы науки. 2021, № 12, с. 48-51. Рус.

Декоративно-акустические изделия на основе гипсового вяжущего позволяют обеспечить необходимый акустический комфорт в помещениях, способствуют поддержанию необходимой чистоты воздуха, а также в случае экстремальных ситуаций могут выполнять функцию огнезащитного барьера. Целью ис-

следований было изучение влияния на прочность при изгибе и индекс звукопоглощения изделий, расхода пористого наполнителя, расхода стеклянного волокна и индекса перфорации изделий. Эксперимент, осуществленный по методам математического планирования, статистической обработки его результатов и их аналитической оптимизации, позволил определить оптимальный расход стеклянного волокна, равный 2,8%, и получить оптимизированные зависимости математических моделей, интерпретируемых в виде номограммы.

См. также **24.02-01.312**

Общие вопросы строительной акустики

24.02-01.316 Выбор и оптимизация расположения звукопоглощающих панелей для фармацевтического предприятия. Лелюж П.Ю., Терпигорева И.В. Перспективы науки. 2023, № 7, с. 94-97. Рус.

Целью работы является оптимизация расположения звукопоглощающих панелей в производственном помещении фармацевтического предприятия с целью уменьшения необходимой площади облицовки. Гипотеза заключается в возможности более эффективной работы звукопоглотителей при разбиении облицовки на отдельные участки. Представлены результаты расчетов эффективности звукопоглощающей облицовки помещения и рассмотрены варианты оптимизации расположения звукопоглотителей при помощи программного комплекса ANSYS. Выделен способ облицовки, обеспечивающий максимальную эффективность. Обоснован выбор материала звукопоглощающих панелей с учетом особенностей технологических процессов отрасли.

Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

Компьютерная обработка результатов эксперимента

24.02-01.317 Аналитическое и компьютерное моде-

лирование волновых процессов бесконтактного ультразвукового неразрушающего контроля. Ермоленко О.А., Еремин А.А., Глушков Е.В., Глушкова Н.В. Математическое моделирование в естественных науках. 2021, № 1, с. 166-167. Рус.

Бесконтактные преобразователи становятся популярным инструментом ультразвуковой диагностики конструкций. Они просты в эксплуатации, позволяя обследовать большие площади как объемными, так и бегущими волнами. Поэтому разработка адекватных математических и компьютерных моделей для оптимизации процесса бесконтактного волнового мониторинга приобретает особую актуальность. Использование явных интегральных и асимптотических представлений для волновых полей, генерируемых бесконтактным источником в пластинах, погруженных в акустическую среду, позволяет существенно снизить вычислительные затраты и обеспечивает высокую физическую наглядность результатов, недостижимую при традиционном конечно-элементном моделировании без дополнительной постпроцессорной обработки. Проведена их численная и экспериментальная верификация; приводятся примеры, иллюстрирующие пространственное распределение акустического давления и поиск параметров, максимизирующих энергию источника.

24.02-01.318 Реконструкция акустических сигналов по неполным данным. Кокошкин А.В., Коротков В.А., Повичихин Е.П. Радиотехника и электроника. 2020. 65, № 12, с. 1181-1189. Рус.

Рассмотрены проблемы восстановления акустических сигналов из неравномерно расположенных выборок (разреженный сигнал) и сигналов искаженных потерями смежных отсчетов (сплошными лагунами). Для решения указанных проблем предложены оригинальные алгоритмы: метод интерполяции последовательно вычисляемого спектра Фурье и метод амплитудных итераций. Проведено сравнение эффективности этих методов с методом проекций на выпуклые множества и его модификацией, реализованной с помощью эволюционного частотно-временного преобразования на основе базовых функ-

ций Слениана. В случае сплошных лагун к сравнениям привлекается родственная нейронным сетям одномерная модификация метода image inpainting. Оценка эффективности работы предложенных методов по объективным критериям свидетельствует об их пригодности для практического использования.

24.02-01.319 Численный анализ параметров псевдоповерхностных акустических волн в кристаллах ниобата и танталата лития. Койгеров А.С., Балышева О.Л. Радиотехника и электроника. 2021. 66, № 12, с. 1224-1232. Рус.

Представлены результаты анализа и расчета параметров распространения вытекающих поверхностных акустических волн в кристаллах ниобата и танталата лития. Приведено описание тестовых структур для анализа на основе метода конечных элементов в пакете COMSOL Multiphysics. Предложен способ определения ключевых параметров, необходимых для проектирования приборов на поверхностных акустических волнах. Рассчитаны фазовая скорость волны, коэффициент электро-механической связи и коэффициент отражения от единичного электрода для промышленно используемых пьезоэлектрических подложек. Рассчитанные ключевые параметры могут быть использованы для проектирования резонаторов и фильтров на их основе на вытекающих поверхностных акустических волнах. Показано, что полученные расчетные данные соответствуют известным данным из литературных источников. Выполнено сопоставление результатов расчета и экспериментальных измерений на примере лестничного фильтра.

См. также **24.02-01.163, 24.02-01.166**

Численное решение обратных задач

См. **24.02-01.34, 24.02-01.38**

Акустика живых систем; Биологическая акустика

Действие акустических колебаний на биологические среды и живые организмы

См. **24.02-01.296, 24.02-01.298, 24.02-01.299**

Применение ультразвука, физические основы акустических методов и приборов для биологии и медицины

24.02-01.320 Акустические исследования изменения характера дыхания при умственной деятельности человека. Герус А.В., Герасимов В.В., Миргородский В.И., Кораблев Е.М. Радиотехника и электроника. 2023. 68, № 3, с. 287-294. Рус.

Проведены экспериментальные исследования акустических сигналов, поступающих из головы человека при умственной деятельности. Обнаружены акустические сигналы, отличающиеся от сигналов при релаксации. В качестве умственной деятельности использовался счет таблицы умножения в уме. Показано, что эти отличия обусловлены изменением паттерна дыхания. Показано также, что наиболее информативные сигналы, связанные с дыханием, наблюдаются из области макушки (в точке, близкой к Cz , используемой в энцефалографии), а сигналы, связанные с пульсовой деятельностью — из области висков (в точке T_3).

Речеобразование и восприятие речи

24.02-01.321 Обнаружение гласных звуков речи в режиме реального времени с гарантированной надежностью. Савченко А.В., Савченко В.В. Радиотехника и электроника. 2022. 67, № 3, с. 286-293. Рус.

Рассмотрена задача обнаружения гласных звуков речи в режиме реального времени. Предложен новый алгоритм для ее

решения на основе информационного ($R+1$)-элемента и метода обеляющего фильтра. Рассмотрен пример его практической реализации, даны оценки эффективности. Представлен и проведен натурный эксперимент. Показано, что при минимальных требованиях к производительности используемой вычислительной техники предложенный алгоритм характеризуется достаточно высоким быстродействием и гарантированным уровнем значимости принимаемых решений.

Физиологическая и психологическая акустика

См. **24.02-01.127**

Акустика эхолоцирующих животных

24.02-01.322 Акустическая локация альфеусов на шельфе Черного моря и индивидуальные особенности их щелчков. Бибиков Н.Г., Попов О.Е. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 300-303. Рус.

Импульсные звуковые сигналы щелкающих креветок у мыса Сухумский в Черном море были зарегистрированы системой из трех гидрофонов. Направление к источнику отдельных щелчков было определено на основе задержек сигнала на трех гидрофонах. Мы рассчитали также углы скольжения звуков и задержки эха поверхностных отражений. Эта информация позволила нам локализовать отдельных креветок. Форма регистрируемых щелчков использовалась для идентификации. Полученные результаты позволили оценить количество особей, а также охарактеризовать частоту и общие характеристики излучения акустических сигналов креветками в естественных условиях их обитания.

24.02-01.323 Результаты пространственных исследований акустических импульсных сигналов, генерируемых раком-щелкуном в Японском море. Рутенко А.Н.,

Радаев И.Р., Травкин В.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 455-458. Рус.

Приводятся результаты пространственных измерений акустического импульсного сигнала, генерируемого раком-щелкуном в бухте Витязь Японского моря. Синхронные измерения проведены с помощью 4 цифровых гидрофонов в частотном диапазоне 2–24 000 Гц, устанавливаемых в море глубиной 3 метра с помощью металлических пространственных конструкций. Рассмотрены параметры акустических импульсов и особенности их распространения.

24.02-01.324 Типовой акустический сигнал, применяемый серым китом на шельфе острова Сахалин, и потери при его распространении в данной акватории. **Рутенко А.Н., Гриценко В.А., Ущитовский В.Г.** Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 471-473. Рус.

С помощью численного 3D моделирования по результатам натурных измерений, проведенных у дна в двух точках на северо-восточном шельфе о. Сахалин, построена эквивалентная серому киту точечная функция «источника» типового импульсного акустического сигнала, которая позволяет с помощью модового параболического уравнения корректно рассчитывать акустическое поле, формируемое импульсным сигналом кита в неоднородных геоакустических волноводах, характерных для данного

шельфа в районах летне-осеннего нагула охотско-корейской популяции серых китов, занесенной в Красную книгу РФ.

24.02-01.325 Стабилизация слуховых реакций дельфинов на экосигналы, отраженные от близко расположенных объектов: модельный эксперимент. **Римская-Корсакова Л.К., Родионов А.А., Иванов М.П.** Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 553-556. Рус.

Дельфины кормятся во время охоты, которая имеет фазы поиска и захвата жертвы. Моделировали характерный для фазы захвата эффект стабилизации суммарных периферических реакций дельфинов на локационные импульсы и отраженные от жертвы эхо импульсы. Определяли условия, в которых периферическая реакция воспроизводила тонкую временную структуру эхоимпульсов, анализ которых важен в фазе поиска. Пары импульсы с центральными частотами в 70 кГц и меж импульсными интервалами T в 1–40 мс были моделями локационных и эхо импульсов. Если амплитуда первого импульса была постоянной, а амплитуда второго импульса уменьшалась с ростом T (моделируя затухание звука в воде), то реакции на импульсы пары были постоянными при T в 1–20 мс. За стабилизацию реакций отвечали свойства восстановления возбудимости моделей периферических волокон. Если амплитуды импульсов были пороговыми, то реакции ансамбля модельных волокон воспроизводили временную структуру пар при любых T .

Физические основы технической акустики

Акустические измерения и аппаратура

24.02-01.326 Повышение эффективности адаптивно-го разрешения слабых сигналов за счёт использования стабильности рассеянных компонент мешающих сигналов. **Малышкин Г.С.** Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 327-330. Рус.

Рассматривается обнаружение слабого сигнала с помощью адаптивной антенной решётки, состоящей из L элементов, реализующей быстрые проекционные алгоритмы совместно с ограничением мощности интенсивных мешающих сигналов. Модельное исследование элементов стабильности рассеянного поля показывает, что формирование адаптивной выборки на интервале коррелированных флуктуаций по частоте позволяет ослабить мешающее действия не только когерентной, но и рассеянной составляющей маскирующего сигнала.

24.02-01.327 Адаптивная реализация мультипликативной обработки при обнаружении слабых сигналов с использованием быстрых проекционных алгоритмов. **Малышкин Г.С., Мельжанович В.С.** Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 331-333. Рус.

На основе анализа натуральных данных морского эксперимента проводится анализ применения мультипликативной обработки совместно с использованием быстрых проекционных алгоритмов, в которых перед вычислением пеленгационного рельефа в выборочной корреляционной матрице проводится ограничение мощности сильных мешающих сигналов.

24.02-01.328 Экспериментальное подтверждение корректности калибровки векторного приёмника по полю в реверберационном звуковом поле бассейна. **Исаев А.Е., Матвеев А.Н.** Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 447-450. Рус.

Обсуждаются результаты эксперимента, подтверждающего корректность калибровки векторного приёмника в реверберационном звуковом поле незаглушенного бассейна при излучении непрерывных сигналов с распределённой по частоте мощ-

ностью. В ходе эксперимента в прямую волну излучателя вносили «эталонные» искажения и убеждались, что параметры искажения, измеренные с использованием векторного приёмника в реверберационном звуковом поле, совпадают с предсказанными. В качестве «эталонных» искажений использовали звуковую волну, отражённую от границы раздела вода–воздух.

24.02-01.329 Акустический мониторинг дыхательного ритма у водолазов *in situ* по дыхательным шумам. **Костиев А.Е., Коренбаум В.И., Дорожко В.М.** Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 474-477. Рус.

Контроль состояния водолазов в процессе погружения важен для обеспечения их безопасности и планирования допустимых физических нагрузок. Для этой цели применимы шумы дыхания водолаза. Эти шумы дают возможность контролировать частоту дыхания водолаза. В данном исследовании шум дыхательного аппарата регистрировался носимым акустическим датчиком; гидрофоном, удаленным на дистанцию до 100 м; микрофоном в подшлемном пространстве через систему звукоподводной связи у водолазов с кабель-шланговой связкой. Выявлено, что дыхательный ритм надежно оценивается без необходимости вмешательства в дыхательную арматуру водолазной аппаратуры. Получаемые данные применимы для удаленного контроля состояния водолаза руководителем спусков, а также могут вводиться в индивидуальный подводный компьютер для самоконтроля.

24.02-01.330 Респираторная акустика и методы объективного акустического исследования легких. **Коренбаум В.И., Почечутова И.А., Костиев А.Е., Ширяев А.Д., Сафронова М.А., Малаева В.В., Кабанцова О.И.** Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 478-481. Рус.

Анализируются проблемы, стоящие перед респираторной акустикой, решение которых необходимо для построения новых методов объективного акустического исследования легких звукового диапазона частот. Эти методы не исчерпываются собственно объективизацией аускультации легких. В связи с конкуренцией со стороны современных технологий визуализации перспективны либо очень простые методы, реализуемые деше-

выми и широкодоступными техническими средствами, либо, напротив, сложные, но дающие дополнительную к существующим диагностическую информацию. Обсуждаются наиболее перспективные направления развития.

24.02-01.331 **Прибор многоканального усилителя мощности для исследования гидроакустических фазированных антенных решеток.** Буянов А.П., Казаков Ю.В., Чупров О.А. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 486-489. Рус.

Представлена разработка АО «НИИ «Бриз» прибора многоканального усилителя мощности (МУМ), содержащего ряд каналов звукового и ультразвукового диапазона. Приведены данные проверки характеристик каналов МУМ, выполненных на модулях ключевого усиления средней мощности. Обоснована возможность применения прибора МУМ для проведения проверок характеристик многоканальных излучающих фазированных антенных решеток (ФАР) при заданном амплитудном и фазовом распределении сигналов возбуждения каналов активной зоны ФАР.

24.02-01.332 **К вопросу бестрансформаторного согласования выхода низкочастотного ключевого усилителя мощности с нагрузкой.** Маркова Л.В. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 490-494. Рус.

Проведен анализ особенностей согласования ключевых усилителей мощности с гидроакустическими преобразователями. Показано влияние параметров трансформаторного согласующего устройства на параметры низкочастотного (НЧ) гидроакустического излучающего тракта. Предложена схема бестрансформаторного согласования с нагрузкой при гальванической развязке шин электропитания оконечного каскада ключевого усилителя мощности. Проведено сравнение характеристик НЧ усилителя мощности с различными вариантами согласования с гидроакустическими преобразователями.

24.02-01.333 **Результаты проектирования интегрального модуля высоковольтного ключевого усилителя мощности.** Казаков Ю.В. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 495-498. Рус.

Рассмотрены особенности реализации модулей ключевого усиления мощности для передающей аппаратуры гидроакустических комплексов. Приведены результаты проектирования ключевых усилителей в модульном исполнении на основе мощных полевых транзисторов с гальванически развязанными электронными драйверами, адаптированных к напряжению объектовой сети электропитания. Представлены данные экспериментальных исследований образцов модулей, подтверждающие высокую энергетическую эффективность разработанных технических решений.

24.02-01.334 **Обобщенная модель преобразователя волноводного типа.** Пестерев И.С., Степанов В.Г. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 515-519. Рус.

Рассматривается решение задачи об излучении преобразователя волноводного типа, образованного соосным набором водозаполненных пьезоцилиндров, в произвольные по углу конусные фронтальное и тыльное полупространства. Решение, полученное с использованием метода частичных областей, учитывает расхождение волнового фронта в конусных полупространствах и включает в себя два крайних случая излучения: в соосные цилиндрические волноводы и в полупространства. Приводятся сопоставление результатов расчетов амплитудно-частотных и импульсных характеристик с данными экспериментальных исследований.

24.02-01.335 **Широкополосный стержневой пьезопреобразователь с использованием колебаний изгиба излучающей накладки и его эквивалентная схема замещения.** Стырикович И.И., Богданов Т.К. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всерос-*

сийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 520-522. Рус.

Рассматриваются результаты исследования частотных характеристик стержневых пьезопреобразователей (ПП) с использованием колебаний изгиба излучающей накладки. Представлен вариант конструкции ПП типа TopPizl, реализующий ширину полосы пропускания порядка одной октавы без внесения дополнительных элементов, увеличивающих его продольный габарит. Приведена эквивалентная схема замещения такого ПП, позволяющая решать вопросы согласования генератора с реальной нагрузкой.

24.02-01.336 **Определение физико-механических и электрофизических параметров пьезокерамических элементов.** Коварская Е.З., Краснов А.В., Легуша Ф.Ф., Московенко И.Б., Пугачёв С.И., Рытов Е.Ю. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 523-528. Рус.

Приведены экспериментальные результаты определения физико-механических параметров пьезокерамических элементов (ПКЭ) из материала системы ЦТС в форме дисков с различным отношением диаметра к толщине методом собственных колебаний с применением серийно выпускаемых сертифицированных приборов типа «Звук». Полученные результаты сопоставлены с результатами измерения электрофизических параметров аналогичных ПКЭ стандартным методом резонанса-антирезонанса. Показано, что совместное использование методов расширяет возможности применения ПКЭ для решения прикладных задач электро- и гидроакустики.

24.02-01.337 **Аппаратура и алгоритмы определения основных параметров пьезоэлектрических элементов.** Иванов Н.М., Кондаков Е.В., Милославский Ю.К. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 533-536. Рус.

Предложен цифровой метод измерения частотной зависимости комплексной проводимости пьезоэлектрических элементов, обеспечивающий сокращение длительности и повышение точности измерений. Для определения характеристических частот, добротности и параллельной ёмкости используется алгоритм дробно-рациональной аппроксимации частотной зависимости комплексной проводимости в резонансном промежутке частот.

24.02-01.338 **Обеспечение достоверности акустических измерений.** Гузевич С.Н. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: б.и. 2020, с. 586-589. Рус.

Достоверность измерений обеспечивается сравнением. Показано, что парность измерений обеспечивает возможность сравнения полученных результатов на всех этапах акустических измерений. При этом появляется возможность их геометрического описания и, как следствие, повышается точность измерений. Измерители оценивают приращения полей на своих размерах. Разность между двумя измерителями на базе характеризует градиент приращений, экстремальные значения которых соответствуют границам образа объекта. Последовательное суммирование градиента приращений в границах образа повышает разрешающую способность измерений и исключает влияние помех.

24.02-01.339 **Компактный прецизионный лазерный инклинометр: измерение сигналов и шумов.** Атанов Н.В., Бедняков И.В., Будагов Ю.А., Глаголев В.В., Клемешов Ю.В., Краснощёров А.В., Кузькин А.М., Ляблин М.В., Ни Р.В., Плужников А.А., Поляков К.Д., Селецкий А.А., Трубников Г.В., Ди Джироламо В. *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2023. 54, № 3, с. 959-983. Рус.

Представлены результаты работы по созданию малогабаритного прецизионного лазерного инклинометра (МПЛИ). Достигнуто уменьшение габаритных размеров устройства до 20×20×20 см и веса до 10 кг. Получены экспериментальные данные по регистрации угловых колебаний поверхности Зем-

ли на территории ОИЯИ. Достигнута величина чувствительности $6 \cdot 10^{-11}$ рад/Гц^{1/2} в диапазоне частот $1,4 \cdot 10^{-3}$ —12 Гц. МПЛИ может быть использован в современном физическом эксперименте для сейсмоизоляции крупномасштабных установок. Уменьшение воздействия микросейсмических угловых колебаний поверхности Земли на чувствительные элементы интерференционной гравитационной антенны VIGRO, Большого адронного коллайдера, NICA повысит точность проведения экспериментов.

24.02-01.340 Моделирование фильтра нижних частот Баттерворта второго порядка для цифрового генератора низких частот. Поляков Р.С. *Перспективы науки*. 2023, № 3, с. 46-49. Рус.

Генераторы сигналов — это устройства, принимающие сигналы различных типов, например, электрические или акустические, с определенными характеристиками. Они необходимы для преобразования сигналов и измерений в различных областях. Представлен подробный анализ фильтра нижних частот Баттерворта второго порядка, который обычно используется в приложениях цифровой обработки сигналов, а также разработка математической модели фильтра, которая может быть использована для проектирования цифрового генератора нижних частот. Кроме того, анализируется влияние параметров фильтра на его производительность. Исследовано влияние изменения частоты среза и регулировки добротности фильтра на частотную характеристику фильтра, что дает представление о поведении фильтра в различных условиях. Результаты моделирования показывают, что разработанный фильтр точно воспроизводит частотную характеристику фильтра Баттерворта, предоставляя эффективный инструмент для фильтрации высокочастотного шума из цифровых сигналов.

24.02-01.341 Подход к управлению свойствами катализатора синтеза углеродных нанотрубок. Буракова Е.А. *Перспективы науки*. 2023, № 5, с. 17-21. Рус.

Ключевые слова и фразы: ионный комплекс; кавитация; катализатор; модель; синтез; углеродные нанотрубки; ультразвуковое воздействие; управление. Аннотация: Цель работы заключалась в изучении подхода к управлению свойствами катализатора синтеза углеродных нанотрубок, заключающегося в обработке раствора его исходных компонентов физическим воздействием. Изучение структуры раствора (предшественника катализатора) с использованием моделирования позволило предположить, что наблюдаемые изменения свойств формируемого катализатора вызваны преобразованием под физическим воздействием конфигураций присутствующих в растворе ионных комплексов. Экспериментально подтверждена эффективность влияния физического воздействия (ультразвуковой обработки предшественника катализатора) на удельный выход и параметры синтезируемых наноструктур. Для эффективного использования ультразвука в процессе получения катализатора разработана математическая модель поведения кавитационных каверн в его предшественнике. Полученная информация позволила повысить эффективность функционирования системы информационной поддержки принятия решений при производстве катализатора, обеспечивающего синтез наноструктур с параметрами, значения которых наиболее близки к заданным.

24.02-01.342 Компьютерный анализатор-томограф дефектов для ультразвуковой дефектоскопии опасных производственных объектов. Козлов Ю.Н. *Перспективы науки*. 2023, № 6, с. 30-34. Рус.

Рассмотрен компьютерный анализатор-томограф дефектов для ультразвуковой дефектоскопии опасных производственных объектов на примере контроля объектов металлургических производств: скиповых подъемников доменных печей, цапф, траверс, тяг чугуновозов, слитковозов металлургических ковшей. Компьютерный анализатор-томограф дефектов предназначен для расчета дефектов, настройки дефектоскопов, компьютерной визуализации дефектов внутри объекта контроля, дистанционного выполнения вышеуказанных сервисов на основании специализированных групповых файлов-запросов и формирования базовых функций искусственного интеллекта (ИИ) в области неразрушающего контроля. Главными отличительными преимуществами компьютерного анализатора-томографа

дефектов являются: 1) геометрическая интерпретация всех компьютерных расчетов параметров дефектов, что впервые предоставляет возможность оператору визуально контролировать сами расчеты, т.е. расчет перестает быть черным ящиком, что позволяет значительно сократить количество ошибок по сравнению с расчетом, выполненным вручную; 2) существенное облегчение расчетов параметров дефектов. Автоматизация расчетов настройки приборов, расчетов размеров/площади дефектов, оценки дефектов многократно повышает производительность, надежность и, что очень важно, наглядность настройки приборов, расчетов дефектов, оценки дефектов, минимизирует ошибки контроля, связанные с ручными расчетами настройки приборов и ручными расчетами размеров/площади дефектов и последующей их оценки, многократно повышает производительность, надежность и качество контроля, способствует применению дистанционных методов управления. Автоматизация и полная визуализация расчетов дефектов и их оценки с мультипликацией (визуализацией) алгоритма процесса настройки контролирующей аппаратуры делают расчетные операции наглядными, визуально контролируемыми и полностью исключают ошибки, связанные с человеческим фактором, которые часто возникают при выполнении сложных расчетных операций вручную, что исключительно важно, особенно при проведении контроля опасных производственных объектов.

24.02-01.343 О статистической значимости типизации источников акустической эмиссии по знакам первых вступлений волн в лабораторных экспериментах. Смирнов В.Б., Исаева А.В., Карцева Т.И., Патонин А.В., Шихова Н.М., Пономарев А.В. *Физика Земли*. 2023, № 1, с. 95-110. Рус.

Предложена в работе (Zang et al., 1998) и широко используемая в лабораторных экспериментах по физике горных пород процедура разделения типов событий акустической эмиссии (АЭ) на сдвиговые, отрывные и компакционные (shear, tension and collapse), опирающаяся на подсчет знаков первых вступлений волн на акустических датчиках, рассмотрена со статистических позиций. В предположении однородного и независимого распределения ошибок определения знаков вступлений на датчиках получены оценки статистической значимости и мощности критерия разделения типов для заданного количества используемых датчиков. Рассмотрены и сопоставлены между собой три подхода к построению статистического критерия, основанные на оценке вероятности события, симметричном и несимметричном критериях проверки гипотез. На основе результатов статистического исследования даны практические рекомендации по выбору порога для разделения типов событий АЭ в экспериментальных исследованиях.

24.02-01.344 Совместный акустический и деформационный мониторинг трещины гидроразрыва в лабораторном эксперименте. Зенченко Е.В., Зенченко П.Е., Начев В.А., Турунтаев С.Б., Чумаков Т.К. *Физика Земли*. 2023, № 3, с. 148-157. Рус.

Приведены результаты лабораторных экспериментов по совместному активному акустическому и деформационному мониторингу трещины гидроразрыва. Эксперименты проводились в модельном материале на основе гипса. Для сравнения были проведены эталонные эксперименты по исследованию прохождения ультразвуковых волн через заполненную жидкостью щель контролируемой ширины между двумя прецизионными стеклянными пластинами. Целью экспериментов было исследование зависимости амплитуды ультразвуковой волны, прошедшей через трещину от величины ее раскрытия. В этих экспериментах создавалась круговая трещина гидроразрыва, плоскость которой была перпендикулярна оси цилиндрического образца. Вдоль этой же оси располагалась обсаженная нагнетательная скважина, заканчивающаяся на середине его высоты. Образец располагался между двумя дисками из алюминиевого сплава, оснащенных вмонтированными в них пьезокерамическими преобразователями, работающими как в режиме излучателя, так и в режиме приемника. Через канал в нижнем диске осуществлялась подача рабочей жидкости в трещину. Через верхний диск производилось насыщение образца поровым флюидом. Вся сборка помещалась в гидравлический пресс, обеспечивающий постоянное сжимающее усилие. Величина раскры-

тия трещины изменялась в зависимости от расхода жидкости, подаваемой в центр трещины, и измерялась по относительному изменению расстояния между дисками сборки при помощи индукционных преобразователей перемещения. Также были проведены эксперименты, моделирующие трещину, заполненную пропаном. В этом случае апертура трещины изменялась в зависимости от приложенного вертикального давления на образец. По результатам экспериментов, проведенных в различных условиях, были построены зависимости амплитуды ультразвуковой волны, прошедшей через трещину. Экспериментально установлено, что поглощение звука в трещине гидроразрыва, обладающей естественной шероховатостью, вдвое ниже, чем в зазоре между прецизионными стеклянными пластинами. Полученные результаты позволяют оценить величину раскрытия трещины гидроразрыва в лабораторных экспериментах, проводимых на образцах большего размера с использованием активного акустического мониторинга.

24.02-01.345 Оценка влияния предварительных ударных воздействий на остаточную межслоевую прочность композита на основе использования системы регистрации сигналов акустической эмиссии. Чеботарева Е.А., Лобанов Д.С. *Математическое моделирование в естественных науках.* 2023, № 1, с. 346-348. Рус.

Работа посвящена изучению механизмов повреждения и процессу их накопления в полимерных композиционных материалах, армированных углеродными волокнами. Были проведены испытания на межслоевой сдвиг образцов с предварительным ударным воздействием разной энергии и без него. В ходе эксперимента осуществлялась непрерывная регистрация сигналов акустической эмиссии. В качестве дополнительного метода была использована система для регистрации неоднородных полей перемещений и деформаций, основанная на методе корреляций цифровых изображений. В процессе испытаний осуществлялась синхронизация акустико-эмиссионной системы, оптической системы и испытательной машины.

24.02-01.346 Вискозиметр вибрационный для измерения вязкости жидкостей. Матякубова П.М., Исмагуллаев П.Р., Шамуратов Ж.У. *Инженерно-физический журнал.* 2024. 97, № 1, с. 136-143. Рус.

Значения вязкости жидкостей важны для прогнозирования течения жидкости во многих нефтегазовых и химических производственных процессах. В статье описывается ряд методов, используемых для измерения вязкости жидкостей, в том числе капиллярный, ротационный, вибрационный и акустический. Приведен также ряд моделей, используемых для оценки вязкости элементов, зависимости вязкости от температуры и вязкости многокомпонентных систем, в том числе уравнение Аррениуса. Разброс данных, имеющихся в литературе, подчеркивается путем сравнения двух обзоров данных по элементам.

24.02-01.347 Моделирование ударного взаимодействия композитной преграды с ударником сферической формы. Пляскин А.С., Белов Н.Н., Югов Н.Т., Тонких Г.П., Усеинов Э.С., Бабарыкина А.И., Ищенко А.Н., Буржин В.В., Саммель А.Ю., Степанов Е.Ю., Чунашев А.В. *Инженерно-физический журнал.* 2024. 97, № 1, с. 220-225. Рус.

Построена и верифицирована математическая модель поведения композитной преграды в условиях ударно-волнового нагружения. Расчетно-экспериментальным методом выполнена оценка влияния модифицированной композитной преграды при высокоскоростном взаимодействии со сферическим стальным ударником в диапазоне скоростей 500–1200 м/с. Ключевые слова: высокоскоростной удар, композитная преграда, сферический ударник, математическое моделирование.

24.02-01.348 Экспериментально-теоретическая оценка минимальной скорости сквозного пробития подводящей стальной преграды суперкавитирующим ударником. Буржин В.В., Дьячковский А.С., Ищенко А.Н., Саммель А.Ю., Степанов Е.Ю., Хабибуллин М.В., Чунашев А.В. *Инженерно-физический журнал.* 2024. 97, № 1, с. 226-231. Рус.

Выполнена экспериментально-теоретическая оценка минимально-необходимой скорости для сквозного пробития

стальных преград толщиной 20–60 мм суперкавитирующим ударником из сплава ВНЖ-95. Параметрические расчеты проведены в рамках упруго-идеально-пластической модели Прандтля—Рейсса. Ключевые слова: математическое моделирование, высокоскоростное взаимодействие, суперкавитирующий ударник, стальная преграда.

24.02-01.349 Применение акустической микроскопии для визуализации структурных перемещений при развитии эмбрионов рыб. Бурлаков А.Б., Титов С.А., Богаченков А.Н. *Радиотехника и электроника.* 2022. 67, № 4, с. 377-383. Рус.

Разработана методика неинвазивной ультразвуковой визуализации процессов эмбрионального развития малых биологических организмов. Создан сканирующий акустический микроскоп с диапазоном рабочих частот 50–100 МГц, позволяющий регистрировать ультразвуковые данные в режиме замедленной съемки и наблюдать *in vivo* трансформации и перемещения структурных элементов эмбриона. С помощью разработанной методики были проведены исследования эмбриона вьюна (*Misgurnus fossilis*), развивающегося непосредственно в иммерсионной ячейке микроскопа. Для 6-й и 15-й стадий развития эмбриона произведены записи данных продолжительностью по 10 мин, демонстрирующие процессы деления и движения клеток. Показано, что на 15-й стадии движение клеток во внутренней и наружной областях клеточного слоя с толщиной 0.1 мкм происходит в противоположных направлениях со скоростями приблизительно 0.3 и 0.1 мкм/с соответственно.

24.02-01.350 Малые усталостные трещины в аддитивной стали 316L: влияние на механические свойства, параметры акустической эмиссии и кинетику разрушения. Ботвина Л.Р., Тютин М.Р., Болотников А.И., Синева И.О., Белецкий Е.Н., Иванов И.А., Юдин А.В. *Деформация и разрушение материалов.* 2024, № 2, с. 25-34. Рус.

DOI: 10.31044/1814-4632-2024-2-25-34 На примере стали 316L, полученной методом селективного лазерного плавления, исследовано влияние предварительного циклического нагружения на прочностные характеристики аддитивного материала, его поврежденность, параметры акустической эмиссии и характеристики деформированного состояния, оцененные методом корреляции цифровых изображений. Проанализирована стадийность разрушения при растяжении материала до и после предварительного циклирования с учетом кинетики изменения параметров акустической эмиссии и деформационных характеристик (максимальных главных деформаций и площади пластических зон). Установлено, что усталостные характеристики стали 316L, полученной аддитивным способом, существенно ниже, чем изготовленной по традиционной технологии. Предварительное циклическое нагружение вызывает раскрытие технологических дефектов структуры и образование малых трещин. Установлено, что испытание на растяжение таких образцов приводит сначала к росту остаточной прочности и работы разрушения, а затем, при относительной долговечности, равной 0,7 от числа циклов до разрушения, эти показатели резко снижаются. Основным механизмом разрушения аддитивной стали 316L является раскрытие и рост малых трещин, зародившихся на технологических дефектах. Процесс роста малых трещин при циклическом нагружении отражается на кинетике параметров акустической эмиссии, оцениваемых при растяжении предварительно циклированных образцов, что подтверждает высокую информативность этого метода для анализа стадийности разрушения материалов.

24.02-01.351 Акустическая эмиссия в системе "сотовая матрица—композит" при разных режимах нагрева. Асеев Е.М., Калашников Е.В. *Журнал технической физики.* 2024. 94, № 2, с. 290-298. Рус.

Экспериментально изучена сложная система, сочетающая в себе сотовую структуру, сопряженную по нормали с композиционной структурой. Для этого использованы идеи акустической эмиссии в твердых телах (т. е. измерение отклика в акустическом диапазоне на внешнее воздействие). Но в отличие от традиционного нагружения (сжатие или растяжение) образца внешними силами использована вариация температурного поля, в которое помещен образец. Изменение температурного

поля во времени (скорость изменения температуры) порождает градиенты температурного поля в образце, которые, в свою очередь, генерируют механические напряжения в образце, возбуждая в нем акустические колебания. Зависимости амплитуд акустических сигналов от времени и от скорости изменения температуры обнаруживают четкое отличие бездефектного образца от образца с дефектом. Ключевые слова: структура пчелиных сот, композит, механические напряжения, дефекты в структурах, температурное поле, акустическая эмиссия.

24.02-01.352 Неразрушающий контроль образцов многослойных композиционных конструкций с различными дефектами. Кротова Е.В., Зайцева Т.А., Кыонг Дао Киен, Саченков О.А. *Вестник Казанского гос. техн. ун-та им. А. Н. Туполева.* 2023. 79, № 4, с. 19. Рус.

При неразрушающем контроле многослойных конструкций летательных аппаратов важной задачей является определение внутренней геометрии, оценка качества клеевых соединений, определение наличия инородных включений, выявление расслоения и пустот, исследование структуры материала. При этом необходимо с достаточной точностью определить и координаты дефектов и их размеры. Все это существенно осложняет применение традиционных методов и аппаратуры неразрушающего контроля. На этапах отработки технологии производства агрегатов несущих систем летательных аппаратов была попытка использовать для диагностики акустические методы и рентгенографию, но положительный эффект не был получен. Наиболее приемлемым, после испытаний тестовых образцов, оказался метод спиральной компьютерной томографии, который был внедрен для контроля качества упругих балок втулки несущего винта в процессе производства и перед установкой металлических деталей.

См. также 24.02-01.42, 24.02-01.122, 24.02-01.211, 24.02-01.212, 24.02-01.213, 24.02-01.214, 24.02-01.215, 24.02-01.216, 24.02-01.217, 24.02-01.218, 24.02-01.219, 24.02-01.250, 24.02-01.252, 24.02-01.253, 24.02-01.260, 24.02-01.295, 24.02-01.315, 24.02-01.323

Медицинский ультразвук, медицинские приборы

24.02-01.353 Оценка органной перфузии и волемического статуса с помощью ультразвука. Зозуля М.В., Ленский А.И. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2023, № 1, с. 27-34. Рус.

Представлен обзор литературы, посвященный ультразвуковому мониторингу волемического статуса и органной перфузии у пациентов в критическом состоянии, определению чувствительности к инфузионной нагрузке с помощью доплерометрических показателей кровотока в периферических артериях. Обосновывается надежность и точность этих параметров, их соответствие показателям, полученным методами репульмональной и транспульмональной термодилуции. Рассматриваются технические аспекты ультразвукового исследования данных параметров.

24.02-01.354 Ультразвуковая диагностика в решении ситуационных задач по дисциплине «Клиническая патофизиология». Мажаров А.Б., Цыган В.Н., Лемещенко А.В., Резванцев М.В., Криволицкая Т.А., Бамматов Т.А. *Тихоокеанский медицинский журнал.* 2023, № 4, с. 97-100. Рус.

Рассматриваются вопросы обучения курсантов и студентов 2-го и 3-го курсов методам ультразвуковых исследований (УЗИ) в решении ситуационных задач при проведении занятий по дисциплине «Клиническая патофизиология». Отработка навыка проведения УЗИ осуществлялась на стационарном и портативном УЗИ-аппарате Phillips CX50 и Chison Sonotouch 80. Слушатели (студенты) должны были освоить критерии УЗИ в В- и М-режимах, доплерографию, эластографию наиболее частых заболеваний органов эндокринной, пищеварительной и мочевыделительной систем. На первом этапе слушатель (студент) работал в паре с преподавателем, наблюдая за ходом манипуляции датчиком, на втором этапе самосто-

ятельно проводил исследование на своем однокласснике. При выполнении УЗИ гепатодуоденальной зоны и почек 65 и 55% слушателей (студентов) соответственно не смогли получить оптимального изображения и измерить анатомические структуры на фиксированное время. Самым трудным методом УЗИ для обучающихся при решении ситуационных задач по теме «Нарушение системного кровообращения» была эхокардиоскопия, где получение оптимального изображения с визуализацией анатомических структур сердца не превышало 20%. Оптимальным соотношением обучения методам УЗИ слушателей (студентов) и преподавателей является 6:1. Применение новых технологий УЗИ позволяет более широко раскрыть профессиональный потенциал слушателей (студентов), повышает мотивацию к обучению и вызывает интерес у самих обучающихся.

Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

24.02-01.355 Неразрушающий контроль состояния материала пар трения насосов установок ВВЭР. Ерофеев В.И., Ильяшинский А.В., Родюшкин В.М., Ильяшинский И.А., Пичков С.Н., Хлыбов А.А. *Проблемы прочности и пластичности.* 2022. 84, № 3, с. 364-375. Рус.

Экспериментально продемонстрирована возможность использования неразрушающих методов контроля состояния карбидокремниевых материалов пар трения насосов установок водородных энергетических реакторов, позволяющая выявить на рабочей поверхности подшипников потенциальные места будущего возможного разрушения. Изложена методология исследований акустических свойств и электропроводности изделий из карбидокремниевых композитов. Установлена взаимосвязь электропроводности и акустических параметров материала пар трения с характеристиками микроструктуры исследуемого материала. В качестве аппаратной части излучения и приема акустических импульсов был использован прибор фирмы Krautkramer USN 52 с излучателями-приемниками продольных и поперечных волн. Для оценки электропроводности использовался вихретоковый измеритель удельной электропроводности ВТ2 с накладным преобразователем 5 кГц, имеющим в качестве индикаторного устройства стрелочный преобразователь с равномерной шкалой, не проградуированной в единицах электропроводности. Измерения электропроводности и скорости продольных и поперечных волн, поляризованных по радиусу, в одних и тех же точках рабочей поверхности подшипника показали совпадение характера изменения результатов этих измерений. Путем измерения скорости поперечных волн с поляризацией параллельно и перпендикулярно радиусу установлено наличие в материале подшипников, не прошедших испытания в условиях повышенного давления и температуры, значительных внутренних напряжений, провоцирующих появление разрушений (сколов) на рабочей поверхности. Превышение значения скорости продольных волн в зоне разрушения над средним значением для всей рабочей поверхности подшипника достигает 30%, превышение значения электропроводности над средним значением достигает 40%.

24.02-01.356 Развитие трещин в условиях начального чистого сдвига. Федотова Д.В., Хамидуллин Р.М. *Труды Академэнерго.* 2020, № 4, с. 49-56. Рус.

Проведена серия испытаний компактных образцов с односторонним боковым надрезом в условиях начального чистого сдвига и последующих смешанных форм деформирования. Образцы были выполнены из сталей Р2М и 34Х, а также алюминиевого Al-alloy 7050 и титанового Ti-6Al-4V сплавов. Экспериментально по стадиям циклического разрушения получены зависимости изменения углов ориентации, девиации и поворота трещин вдоль их криволинейных траекторий. Установлено влияние свойств исследованных материалов на форму кривых развития трещин.

24.02-01.357 Акустическая эмиссия при гидрировании циркония. Кунавин С.М., Кузнецов А.А., Царев М.В., Бережко П.Г., Кашафдинов И.Ф., Мокрушин В.В., Царева И.А., Забродина О.Ю., Канунов А.Е. *Материаловедение.* 2024, № 2, с. 12-17. Рус.

DOI: 10.31044/1684-579X-2024-0-2-12-17 Исследованы сигналы акустической эмиссии, возникающие при взаимодействии образцов металлического циркония с водородом, а также изменения, происходящие в гидрируемых образцах и являющиеся источниками возникновения акустических сигналов высокой амплитуды. Проведено гидрирование кусков компактного йодидного циркония размером от 5 до 10 мм; стружки, полученной из компактного йодидного циркония, с линейным размером частиц от 2 до 3 мм и толщиной $\approx 0,2$ мм; «крупного» порошка электролитического циркония фракции от 80 до 550 мкм и «мелкого» порошка электролитического циркония с размером частиц менее 80 мкм. Установлено, что источником возникновения акустических сигналов высокой амплитуды во всех случаях является растрескивание частиц циркония на макроуровне, которое приводит к образованию протяженных трещин и разломов на поверхности индивидуальных частиц, а также к измельчению исходных материалов. Растрескивание и измельчение вызваны деформацией и внутренними напряжениями, возникающими в образцах вследствие роста объема твердой фазы при гидрировании. Впервые показано, что атомное отношение $[H]/[Zr]$ в твердой фазе, соответствующее максимуму амплитуды сигнала акустической эмиссии, закономерно увеличивается в ряду куски компактного йодидного циркония—стружка из йодидного циркония—«крупный» порошок электролитического циркония—«мелкий» порошок электролитического циркония, что хорошо согласуется с результатами ранее проведенных аналогичных исследований по гидрированию образцов металлического титана.

См. также 24.02-01.151, 24.02-01.152, 24.02-01.251, 24.02-01.253, 24.02-01.267, 24.02-01.317, 24.02-01.344, 24.02-01.345, 24.02-01.350, 24.02-01.351, 24.02-01.352

Акустические технологии в промышленности

24.02-01.358 Экстракция гуминовых веществ из бурых углей Канско-Ачинского бассейна при ультразвуковом воздействии. Кожеевников Ю.А., Сербин В.В. *Труды Академэнерго*. 2019, № 2, с. 89-97. Рус.

Отличительной особенностью проведенных исследований является применение более высоких амплитуд акустических колебаний для извлечения гуминовых веществ из бурых углей. Максимальный выход гуминовых веществ наблюдается при амплитуде колебания 60 мкм, но при указанных условиях полученное вещество представляет собой коллоидный продукт (гель). В связи с этим в качестве оптимальных условий обработки были выбраны следующие характеристики: время обработки — 15 мин при амплитуде колебания 40 мкм. Таким образом, ультразвуковое воздействие позволяет получать более узкие фракции гуминовых веществ со стабильным составом и с заданными свойствами. Разработан реактор для щелочной экстракции бурого угля в потоке через область ультразвукового воздействия. В предложенном реакторе активное выделение гуминовых веществ начинается через 4 мин обработки, а при использовании термического способа — через 50 мин (температура процесса 80°C). Выход гуминовых веществ при ультразвуковом воздействии продолжительностью 7 мин эквивалентен выходу продуктов по ГОСТ 9517-94 в течение 2 ч и составляет 31% для бурого угля Канско-Ачинского бассейна Назаровского месторождения.

См. также 24.02-01.355

Акустический мониторинг технологических процессов

24.02-01.359 Анализ деформации заклепки при наложении ультразвуковых колебаний. Сундуков С.К. *Технология металлов*. 2023, № 11, с. 28-37. Рус.

В результате исследований по ультразвуковой клепке установлено, что приложение колебаний позволяет в несколько раз снизить усилие клепки и изменяет характер деформации заклепки. В начале происходит осадка стержня заклепки и имеет место заполнение деформированным металлом зазора меж-

ду заклепкой и установочным отверстием, затем формируется замыкающая головка. Соединение с заклепкой из сплава Д18, деформированной ультразвуком, имеет значительное повышение усилия на срез.

24.02-01.360 Скретч-тестирование поверхностных слоев материалов и покрытий с использованием акустической эмиссии. Матюнин В.М., Волгов П.В., Марченко А.Ю., Барат В.А., Жгут Д.А., Цветкова Н.О. *Технология металлов*. 2023, № 12, с. 17-23. Рус.

Изложена разработанная методика скретч-тестирования обработанных поверхностных слоев материалов с регистрацией диаграмм царапания алмазным индентором в координатах «нагрузка—длина царапины». Методика позволяет определить твердость при царапании, удельную энергию локального разрушения, сопротивление адгезии поверхностных слоев материалов и покрытий. Показано эффективное использование скретч-тестирования совместно с методом акустической эмиссии.

24.02-01.361 Исследование закономерностей формирования микроструктуры сплава АМГ5М при физическом и математическом моделировании процесса высокоскоростного кручения. Борисова А.Ю., Зотов О.Г., Борисов А.С., Наумов А.А. *Технология металлов*. 2024, № 2, с. 13-21. Рус.

Проведено физическое и математическое моделирование процесса высокоскоростного кручения при температурно-деформационных параметрах, приближенных к сварке трением с перемешиванием. Испытания проводились при повышенных температурах, с различными степенями и скоростями деформации. С помощью оптической микроскопии проведен качественный и количественный анализ исследуемого сплава, заключающийся в определении размера зерна в различных зонах. Установлена закономерность изменения размера зерна от температурно-деформационных параметров высокоскоростного кручения. Определены критические температурно-деформационные параметры для начала протекания динамической рекристаллизации.

24.02-01.362 Структура сверхзвуковой газожидкостной струи при высокой концентрации жидкости. Бойко В.М., Лотов В.В., Нестеров А.Ю., Потлацкий С.В. *Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 6, с. 1091-1102. Рус.

Выполнено экспериментальное исследование сверхзвуковых газожидкостных струй коаксиальной форсунки при высокой концентрации жидкости. Использовался комплекс оптической диагностики газожидкостных потоков: методы визуализации и PIV (particle image velocimetry), лазерный доплеровский анемометр и прибор Malvern Spraytec для изучения дисперсного состава спрея. Исследования показали, что профили скорости и концентрации капель с ростом расхода меняются: за головным скачком появляется протяженная зона с малыми скоростями капель, концентрация при этом уменьшается значительно медленнее, чем при низких расходах. Малый рост энергии струи при расходах жидкости свыше 100 л/ч и заметное увеличение размеров капель свидетельствуют об исчерпании возможностей струи газа по разрушению жидкости на указанных режимах.

24.02-01.363 Прямое стохастическое моделирование течения разреженного газа в каналах переменного сечения. Сажин А.О., Сажин О.В. *Теплофиз. и аэромех.* 2023, № 6, с. 1103-1110. Рус.

Методом прямого статистического моделирования Монте-Карло исследуется истечение разреженного газа в вакуум через короткие линейно расширяющийся и сужающийся каналы. Задача решается в полной геометрической постановке, а именно: с включением в рассмотрение достаточно больших областей на входе и выходе модельного канала. В широком диапазоне разреженности газа выполнен расчет массового расхода через канал и поля течения газа как внутри канала, так и в областях вверх и вниз по течению. Результаты расчета сравниваются с соответствующими данными для канала постоянного поперечного сечения. Установлено сильное влияние геометрии канала и разреженности газа на массовый расход и на поле течения.

См. также 24.02-01.300

Акустическая метрология и калибровка

24.02-01.364 Государственный мониторинг состояния недр. Алексеева Н.В., Возжик А.А., Голубев С.А., Дежникова И.Ю., Стажило-Алексеев С.К. Разведка и охрана недр. 2023, № 11, с. 28-35. Рус.

Система государственного мониторинга состояния недр включает три подсистемы: мониторинг подземных вод, мониторинг экзогенных геологических процессов, мониторинг эндогенных геологических процессов. Основной деятельностью ГМСН было и остается информационное обеспечение органов управления государственным фондом недр — Роснедра и его территориальных органов. Ежегодно подготавливается информационная продукция государственного мониторинга состояния недр — информационные бюллетени, справки, прогнозы уровней грунтовых вод, прогнозы развития опасных ЭГП, сводки о проявлениях опасных ЭГП, ежемесячные информационные бюллетени о современном геодинамическом состоянии сейсмоопасных регионов России (с прогнозом возможной сейсмической опасности). DOI: 10.53085/0034-026X»023«1»8.

24.02-01.365 Оценка бюджета неопределенности виброустановок и способы его снижения. Лукин Н.В.,

Волченко А.Г. Приборы. 2024, № 1, http://www.pribory-smi.ru/pribory/1_2024_ar.htm/. Рус.

Информация, приведенная в настоящей статье, до настоящего момента являлась разрозненной и несистематизированной, что не позволяло специалистам с малым опытом работы в виброизмерениях в полной мере понимать те факторы, которые влияют на процесс и результат калибровки вибропреобразователей, отсутствовала возможность их учета в результатах калибровки. Кроме того, отсутствие данной информации, как правило, приводит к еще большему увеличению бюджета неопределенности вследствие игнорирования влияющих на неопределенности факторов. В статье рассмотрены основные источники неопределенности для корректного составления бюджета неопределенности: это случайные составляющие неопределенности (тип А), неопределенность измерений эталонного канала (для лазерной интерферометрии и метода back-to-back), неопределенность измерений отношения напряжений, влияние гармонических искажений, влияние магнитного поля вибрации и влияние контура заземления (тип В). Были описаны как математические, так и методологические способы снижения неопределенности. Ключевые слова: виброустановка, метрологическое обеспечение, неопределенность, вибрация, источники неопределенности.

См. также **24.02-01.192, 24.02-01.259**

Акустика в инженерном деле

24.02-01.366 Применение волоконно-оптической линии для исследования пространственно-временной изменчивости поля температуры в пресноводном водоеме. Дудко Д.И., Горбачев В.В., Шпилев Н.Н., Лебедева Е.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 258-261. Рус.

представлены результаты измерений возмущений поля температуры в открытом пресноводном водоеме с помощью волоконно-оптической температурной линии (ВОЛ). Показана возможность регистрации изменения пространственной структуры неоднородного поля температуры, возникающего в открытом водоеме под действием атмосферных факторов, в част-

ности, солнечного прогрева, с параметрами: точность измерения температуры 0.1°C пространственное разрешение менее 1 метра вдоль волоконно-оптической линии, разрешение по времени 10 с. Применение волоконно-оптической температурной линии для гидрологических измерений позволяет создавать любые конфигурации измерительных элементов в исследуемом пространстве водоема, обеспечивающие пространственное разрешение по глубине менее 3 см и распределение по площади акватории с минимальным интервалом около 1 м. В открытом опытовом бассейне испытана методика использования ВОЛ для контроля подводных трубопроводов.

См. также **24.02-01.157, 24.02-01.158, 24.02-01.194, 24.02-01.356**

Физика

24.02-01.367 Мировые карты компонент магнитного поля Земли эпохи 2020. Копытенко Ю.А., Петрова А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 288-291. Рус.

В СПбФ ИЗМИРАН созданы Мировые карты полных значений компонент магнитного поля Земли на эпоху 2020 г. для земного шара. Цифровая модель магнитного склонения, наклона, вертикальной и горизонтальной компоненты построена на основе измеренных и расчетных значений элементов магнитного поля, вычисленных на основе модульной информации. По результатам проведенных работы на 90% увеличена детальность компонент магнитных карт акватории Мирового океана и континентов. Магнитные карты компонент используются в морской и воздушной навигации.

24.02-01.368 Компоненты магнитных аномалий Американо-Тихоокеанского бассейна. Копытенко Ю.А., Петрова А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 292-295. Рус.

Проведено исследование компонент магнитных аномалий полярной области Земли севернее 50° с.ш. на основе трехмерной компонентной модели магнитного поля (СПбФ ИЗМИРАН). Осуществлена верификация модели аномалий компонент путем сопоставления расчетных значений с эмпирическими аномалиями, наблюдаемыми на высотах 400 км и 450 км спутниками

миссии CHAMP и Swarm. На основе интерпретации аномалий модуля и компонент геомагнитного поля, аномалий силы тяжести и сейсмологических данных уточнена модель глубинного строения литосферы Американо-Тихоокеанского бассейна Северного Ледовитого океана.

24.02-01.369 Сравнительный анализ квазиоптимальных методов пространственной обработки частично-когерентного сигнала, принимаемого на фоне интенсивной помехи. Заболотный И.А., Малеганов А.И., Смирнов А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 345-348. Рус.

Проведен сравнительный анализ методов пространственной обработки частично-когерентного сигнала, распространяющегося в случайно-неоднородном канале на фоне интенсивной помехи, приходящей с некоторого заданного угла. В качестве критерия эффективности обработки используется величина коэффициента усиления антенной решетки. Основное внимание уделено количественной оценке эффективности методов, близких к оптимальной квадратичной обработке, в широкой области параметров задачи, которые характеризуют когерентные свойства сигнала, угловые положения источников и их интенсивности на входе решетки. В качестве таких методов рассмотрены методы линейной и квадратичной обработки, включая метод фазированной решетки с аподизацией амплитудного распределения, метод некогерентного накопления выходных сигналов

отдельных подрешеток, в каждой из которых осуществляется когерентное накопление полезного сигнала по приемным элементам. Определены сценарии приема сигналов, для которых указанные методы становятся квазиоптимальными, что представляется важным с точки зрения практических приложений.

24.02-01.370 Оптимизация алгоритма проверки статистических гипотез в геoinформационных системах на основе геохронологического трекинга. Ивакин Я.А., Потапычев С.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики. Труды XV Всероссийской конференции, 21–25 сентября 2020 г. СПб.: б.и. 2020, с. 427-430. Рус.

Информационная технология геохронологического трекинга есть совокупность процессов накопления и интеграции данных о географическом перемещении кораблей, судов, артефактов за установленный период времени с представлением результатов в виде обобщающего графа в географической информационной системе. Гипотезы об устойчивых тенденциях в миграции указанных сущностей представимы как подграфы указанного графа. Проверка таких гипотез сведется к поиску и оценке статистической значимости изоморфизма соответствующих графов. Полнофункциональное развитие компьютерной интерпретации методов теории графов на базе геохронологического трекинга способно обеспечить новое качество исследований гидроакустических задач с использованием современного ГИС-инструментария. Оно выражается в предоставлении возможности использовать количественные методы соответствующего логико-аналитического аппарата в своей предметной области — области распространения звуковых волн в реальной морской среде. Рассмотрению качественно новых возможностей такого подхода, а также рационализации соответствующего алгоритмического аппарата посвящен данный доклад.

24.02-01.371 Высокоскоростные ударные волны, получаемые при помощи магнитного давления, и релаксационные процессы в них. Малкин О.А., Степанов А.М. Теплофизика высоких температур. 1967. 5, № 1, с. 164-178. Рус.

Изучение физических свойств быстро движущихся потоков ионизированного газа в собственном и внешнем магнитных полях приобретает все большее значение. Гиперзвуковая аэродинамика, двигатели для космических полетов, проблема прямого преобразования тепловой энергии в электрическую — области знания, для успешного развития которых необходимы соответствующие сведения о свойствах высокоскоростного потока ионизированного газа. Одна из важнейших задач — изучение обтекания твердого тела высокоскоростным потоком неравновесного ионизированного и диссоциированного газа и исследование релаксационных процессов в потоке. Для проведения подобных работ необходимы установки, с помощью которых можно было бы получить квазистационарный, однородный поток плазмы со степенью ионизации от долей процента до практически полной и скоростью в пределах от 10^4 до 10^8 см/сек. Столь высокие скорости потока, во много раз превышающие скорость звука при нормальных условиях, удобно получать с помощью ударных труб, создающих импульсный поток газа со временем существования порядка 0,001–0,0001 сек. Однако обычные диафрагменные ударные трубы даже после многочисленных улучшений пока не в состоянии повысить скорость ударной волны больше $6–8 \cdot 10^5$ см/сек ($M=18–20$ в воздухе). В США недавно введена в эксплуатацию гиперзвуковая ударная труба, на которой была получена скорость до $1,7 \cdot 10^6$ см/сек ($M \approx 40$). Однако из характеристик трубы видно, что реальный диапазон чисел M практически заключается между 5 и 25. Получение больших M сопряжено с необходимостью применения высоких давлений и горючих смесей, что значительно усложняет установку и увеличивает ее размеры (упомянутая в (Н.Т. Nagamatsu, R.E. Geiger, R.E. Sheer. A.R.S. Journal, 29, 5, 332, 1959 (русс. пер. см. сб. «Механика», т. 35, № 2, 1960.) ударная труба обладает камерой высокого давления и трубопроводами, рассчитанными на давление более 2000 атм, длина трубы более 30 м). Поэтому понятен большой интерес, проявляемый в последнее время к получению высокоскоростных ударных волн за счет использования энергии электрического или магнитного полей.

24.02-01.372 Методологические основы создания фундаментальной теории устойчивости биосферы. Ми-

лешко Л.П. Экологические системы и приборы. 2024, № 1, с. 12-15. Рус.

Рассмотрены методологические подходы к созданию принципов фундаментальной теории устойчивости биосферы: — природа гомеостатического механизма устойчивости биосферы характеризуется самосогласованным сохранением баланса в вещественно-энергетических и информационных взаимодействиях в ее экологических системах. — главное условие обеспечения безопасности биосферы заключается в поддержке ее устойчивости посредством максимизации информации экологических систем. Отмечено, что для построения адекватных моделей биосферы необходимо создавать современные аппаратно-програмные комплексы (АПК), способные оперативно осуществлять экологический мониторинг. Ключевую роль в АПК играют инновационные программные средства обработки информации, поступающей с экологических систем. Ключевые слова: информация, биосфера, моделирование биосферы. DOI: 10.25791/esip.1.2024.1422.

24.02-01.373 Универсальная статистика мягких повторяющихся гамма(МПГ)-всплесков. Кондратьев В.Н., Коровина Ю.В. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 1, с. 183-189. Рус.

Soft gamma-ray repeating (SGR) bursts are considered as a release of magnetic energy stored in the baryon degrees of freedom of magnetar crust. It is shown that such an interpretation allows one to systemize all the observations of such bursts, reveal and explain the universal statistical properties.

24.02-01.374 Комплекс приборов для исследования космических гамма-всплесков на спутнике «Ломоносов». Панасюк М.И., Липунов В.М., Пак Ил, Свертилов С.И., Богомолов В.В., Горбовской Е.С., Амелюшкин А.М., Богомолов А.В., Иудин А.Ф., Кузнецова Е.А., Петров В.Л., Рожков Г.В., Яшин И.В. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 1, с. 190-196. Рус.

The scientific instruments on board “Lomonosov” satellite include a set of detectors designed to study gamma-ray and optical emission of cosmic gamma-ray bursts (GRB). Gamma spectrometer BDRG provides GRB trigger production and study of GRB spectral and temporal properties in the energy range 10–3000 keV as well as determining of the GRB source location by comparison of the readings of three differently directed detectors with an accuracy of a few degrees. Wide-field SHOK optical cameras have a field of view of $\sim 2 \times 40$ deg. They fix by the GRB trigger a set of images with a frequency of about 5 frames per second prior to the trigger and following it. UFFO instrument incorporates UBAT telescope with coding mask for measurements in hard X rays and soft gamma rays and optical telescope with a rotating mirror SMT, directed to the GRB source for ~ 1 s to measure GRB prompt emission at the early stages.

24.02-01.375 Изотропный поток нейтрино от взрывов сверхновых звезд во Вселенной. Петков В.В. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 1, с. 197-203. Рус.

The neutrinos of all types from core-collapse supernova explosions are accumulated in the Universe throughout the galaxies evolution. Isotropic and time-independent flux of such neutrinos is a guaranteed steady source of supernova neutrinos, which can give information about the supernovae dynamics and the supernovae redshift distribution. The current upper limits on the isotropic neutrino flux and prospects for the present and future experiments are discussed.

24.02-01.376 О пропэгаторах нелокальной релятивистской диффузии галактических космических лучей. Учайкин В.В., Сибатов Р.. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 1, с. 205-213. Рус.

Some propagators of cosmic rays (CR) in the Galaxy in view of qualitative features of the trajectories generated by them are discussed. Inconsistencies of known models with the relativistic principle of limited speed and with large-scale turbulence of the interstellar medium are indicated. Analytical expressions for propagators of the nonlocal transport theory being free from these

shortcomings are presented.

24.02-01.377 Нелинейность спинорного поля и геометрия пространства—времени. Сага В. *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2018. 49, № 2, с. 270-408. Рус.

В области космологических моделей Бианки типа VI, VI₀, V, III, I, LRSBI и FRW изучена роль нелинейности спинорного поля в эволюции Вселенной и самого поля. Обнаружено, что благодаря присутствию нетривиальных недиагональных компонент тензора энергии-импульса спинорного поля в анизотропном пространстве-времени выявляются некоторые существенные ограничения на метрические функции и на компоненты спинорного поля. В данной работе рассмотрена полиномиальная нелинейность, являющаяся функцией инвариантов, построенных из билинейных спинорных форм. Обнаружено, что в модели Бианки типа VI пространства—времени в зависимости от констант связи допускается как позднее ускорение, так и колебательный способ эволюции. В модели Бианки типа VI₀ пространства—времени благодаря специфике поведения спинорного поля имеются два различных сценария. В первом случае инварианты, образованные из билинейных спинорных форм, тривиальны, что приводит к безмассовому и линейному лагранжиану спинорного поля. Этот случай эквивалентен вакуумному решению Бианки типа VI₀ пространства—времени. Второй случай допускает ненулевые и нелинейные слагаемые, что в зависимости от знака констант связи приводит либо к ускоренному расширению Вселенной, либо, после достижения максимума, к сжатию и Большому хрусту, и создается пространственно-временная сингулярность. В модели Бианки типа V существуют две возможности. В первом случае все метрические функции совпадают. Вселенная расширяется с ускорением, если константа самодействия положительна, в то время как отрицательное значение ведет к циклическому или периодическому решению. Во втором случае нелинейность спинорной массы и спинорного поля исчезают и Вселенная расширяется линейно во времени. В модели Бианки типа III пространство-время останется всегда вращательно-симметричным, так что изотропия пространства—времени достигается при больших константах пропорциональности. В зависимости от знака константы связи модель допускает как ускоренный, так и осцилляторный режим расширения. Отрицательная константа связи ведет к осцилляторному расширению, положительная — к расширению с поздним ускорением. Параметр замедления (ускорения) расширения и параметр уравнения состояния (γ) в этом случае меняются со временем и находятся в согласии с современными представлениями об эволюции пространства—времени. В модели Бианки типа I пространства—времени недиагональные компоненты приводят к трем различным возможностям. В случае полного BI пространства—времени обнаруживается, что нелинейность спинорного поля и массовый член исчезают, вследствие чего лагранжиан становится безмассовым и линейным. В двух остальных случаях пространство-время эволюционирует в сторону LRSBI или FRW Вселенной. Если рассмотреть локально вращательно-симметричную модель BI (LRSBI), ни массовый член, ни нелинейность спинорного поля не исчезают. В этом случае в зависимости от знака константы связи имеется либо режим позднего ускорения расширения, либо осцилляторный режим эволюции. В расширяющейся Вселенной существует асимптотическая изотропизация. Наконец, в модели FRW пространства—времени ни массовый член, ни нелинейность спинорного поля не исчезают. Как и в модели LRSBI, имеется позднее расширение или циклический режим эволюции. Данные исследований позволяют прийти к заключению, что спинорное поле очень чувствительно к гравитационному.

24.02-01.378 Уточнение значений фундаментальных физических констант: основа новых «квантовых» единиц СИ. Каршенбойм С.Г. *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2018. 49, № 2, с. 409-475. Рус.

Метрическая система единиц возникла как система единиц, предназначенная для макроскопических измерений (лабораторного масштаба). Прогресс в уточнении значений квантовых констант (таких как постоянная Планка) в единицах системы СИ показывает, что возможности измерений с высокой точностью микро- и макро- величин в одних

и тех же единицах в последнее время существенно возросли. Вместе с тем относительные микро- и макро- измерения (например, сравнение частот атомных переходов или сравнение атомных масс) часто оказываются существенно более точными, чем относительные измерения макро- величин. Собственно, это и является основанием для стратегии с определением единиц в микро- измерениях и их последующим использованием в лабораторных масштабах, которые играют важнейшую роль в практических метрологических приложениях, диктуемых обыденной жизнью и технологиями. Международная рабочая группа КОДАТА по фундаментальным константам регулярно проводит совокупный анализ прецизионных мировых данных (так называемое Согласование значений фундаментальных констант) и публикует свои рекомендованные значения. Последняя обработка касалась данных, полученных до конца 2014 г., и мы приводим здесь обзор соответствующих данных и результатов. Выросла точность в определении постоянной Больцмана и улучшилось согласие данных в определении постоянной Планка — двух размерных констант, на основе которых в ближайшем будущем собираются определить кельвин и килограмм соответственно. Сохранились противоречия в определении постоянной Ридберга и зарядового радиуса протона, и для их разрешения необходимы новые исследования. Выросла точность определения постоянной тонкой структуры и относительного атомного веса электрона. Дается подробный обзор состояния дел в прецизионном определении значений фундаментальных физических констант. Подробно рассмотрена математическая процедура согласования, новые данные и результаты согласования. Обсуждаются ограничения, возникающие из свойств макро- материальных эталонов (таких как международный прототип килограмма) и изотопного состава материалов, используемых как в прецизионных экспериментах вообще (как, например, эталонных мер для тройной точки воды), так и в определении фундаментальных постоянных в частности. Обсуждаются перспективы введения новых квантовых единиц, которые будут частично свободны от этих проблем. Многие физики относятся к Международной системе единиц СИ без симпатии, полагая, что она не отражает характер физических законов должным образом. Есть три параллельные системы: физических величин, их единиц и соответствующих эталонов. Определение единиц, и единиц системы СИ в том числе, прежде всего отражает нашу способность к прецизионным измерениям физических величин в тех или иных условиях и, в частности, к созданию подходящих эталонов. Эта потребность никак не связана с красотой основных законов природы. Уточнение значений физических постоянных — это одна из областей, где такой опыт и накапливается.

24.02-01.379 Атомные системы со связанными состояниями фермионов в полях Шварцшильда, Райсснера—Нордстрёма — кандидаты в частицы темной материи. Незнамов В.П., Сафронов И.И., Шемарулин В.Е. *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2018. 49, № 4, с. 907-917. Рус.

After transition from the Dirac equation to the Schrodinger-type relativistic equation with effective potentials of the Schwarzschild and Reissner—Nordstrom fields, the existence of the stationary state of fermions with real square-integrable radial wave functions is proved. The fermions are localized near the event horizon within the range from zero to several fractions or units of the Compton wavelength of a fermion as a function of both the gravitational and electromagnetic coupling constants and the angular and orbital momenta j , l . Electrically neutral atomic-type systems (Schwarzschild and RN collapsars with fermions in bound states) are proposed as particles of dark matter.

24.02-01.380 Космологическая инфляция с гравитацией Эйнштейна—Гаусса—Бонне. Фомин И.В. *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2018. 49, № 4, с. 918-926. Рус.

The models of cosmological inflation based on Einstein—Gauss—Bonnet gravity (EGB) with a non-minimal coupling of a scalar field with Gauss—Bonnet scalar (GB) in fourdimensional Friedman—Robertson—Walker Universe are considered in this paper. The method for constructing the exact solutions based on the relationship between these models and standard inflation with

Einstein gravity is presented.

24.02-01.381 Динамическая реализация $D(2;1;\alpha)$, которая связывает α с космологической постоянной. *Галажиский А.В.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2018. 49, № 5, с. 1457. Рус.

A dynamical realization of the most general $N=4$ superconformal group in one dimension $D(2,1;\alpha)$ is discussed in which the group parameter α is linked to the cosmological constant.

24.02-01.382 О возможности вывода общей теории относительности и стандартной модели с их основными константами из целочисленной запутанности нитей. *Шиллер К.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2019. 50, № 3, с. 282-283. Рус.

It appears possible to deduce black holes, general relativity and the Standard Model of elementary particles from one-dimensional strands that fluctuate at the Planck scale. This appears possible as long as only switches of skew strand crossings are observable, but not the strands themselves. Woven fluctuating strands behave like horizons and imply black hole entropy, the field equations of general relativity and cosmological observations. Tangled fluctuating strands in flat space imply Dirac's equation. The possible families of unknotted rational tangles produce the spectrum of elementary particles. Fluctuating rational tangles also yield the gauge groups $U(1)$, broken $SU(2)$, and $SU(3)$, produce all Feynman diagrams of the Standard Model, and exclude any unknown elementary particle, gauge group, and Feynman diagram. The conjecture agrees with all known experimental data. Predictions for experiments arise, and the fundamental constants of the Standard Model can be calculated. Objections are discussed. Predictions and calculations allow testing the conjecture. As an example, an ab initio estimate of the fine structure constant is outlined.

24.02-01.383 Конечная математика, конечная квантовая теория и гипотеза о природе времени. *Лев Ф.М.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2019. 50, № 4, с. 505-506. Рус.

We give a rigorous mathematical proof that classical mathematics (involving such notions as infinitely small/large, continuity, etc.) is a special degenerate case of finite one in the formal limit when the characteristic p of the field or ring in finite mathematics goes to infinity. We consider a finite quantum theory (FQT) based on finite mathematics and prove that standard continuous quantum theory is a special case of FQT in the formal limit $p \rightarrow \infty$. The description of states in standard quantum theory contains a big redundancy of elements: the theory is based on real numbers, while with any desired accuracy the states can be described by using only integers, i.e., rational and real numbers play only auxiliary role. Therefore, in FQT infinities cannot exist in principle, FQT is based on a more fundamental mathematics than standard quantum theory, and the description of states in FQT is much more thrifty than in standard quantum theory. Space and time are purely classical notions and are not present in FQT at all. In the present paper we discuss how classical equations of motions arise as a consequence of the fact that p changes, i.e., p is the evolution parameter. It is shown that there are scenarios when classical equations of motion for cosmological acceleration and gravity can be formulated exclusively in terms of quantum quantities without using space, time and standard semiclassical approximation.

24.02-01.384 Эффекты неустойчивости в $F(R)$ -модифицированной гравитации и при гравитационном бариогенезисе. *Арбузова Е.В., Долгов А.Д.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2019. 50, № 6, с. 1116-1293. Рус.

Обзор посвящен развитию и последующему применению методов исследования устойчивости решений дифференциальных уравнений высших порядков, возникающих в различных моделях модифицированной гравитации и бариосинтеза. Основное внимание уделяется $F(R)$ -модифицированным теориям, предложенным для описания ускоренного расширения Вселенной, а также генерации барионной асимметрии в рамках спонтанного и гравитационного бариогенезиса.

24.02-01.385 Эра гравитационной астрономии и гра-

витационное поле невращающейся точечной частицы в общей теории относительности. *Физиев П.П.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2019. 50, № 6, с. 1294-1295. Рус.

Utilizing various gauges of the radial coordinate, we give a General Relativistic (GR) description of spherically symmetric static spacetimes with a massive point source and vacuum outside this singularity. We show that in GR there exist a two-parameter family of such solutions to the Einstein equations which are physically distinguishable and describe gravitational field of a single massive point particle with positive bare mass $M_0 > 0$ and positive Keplerian mass M_0 . In particular, we show that the widespread Hilbert's form of the Schwarzschild solution, which depends only on the Keplerian mass M and describes Black Holes (BH), does not solve the Einstein equations with a massive point particle's stress-energy tensor. Novel normal coordinates for the field and a new physical class of gauges are proposed, thus achieving a correct description of a point mass source in GR. We also introduce a gravitational mass defect of a point particle and determine the dependence of the solutions on mass defect. The result can be described as a change of the Newton potential $\Phi_G = -G_N M/r$ to a modified one $\Phi_G = -G_N M/(r + G_N M/c^2 \ln(M_0/M))$ and a corresponding modification of the four-interval. We show that the proper 3D flat space, where these two potentials can be compared, is the tangent space above the position of the massive point source. In addition, we give invariant characteristics of the physically and geometrically different classes of spherically symmetric static spacetimes created by a point mass. Our results are important for description of Extremely Compact Objects (ECOs) studied in relation to possible echoes in recently discovered by LIGO/VIRGO collaboration Gravitational Waves (GW).

24.02-01.386 Поиск легкой темной материи на эксперименте NA64. Поиск легкой темной материи на эксперименте NA64. *Красников Н.В.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2020. 51, № 4, с. 818. Рус.

Целью мини-обзора является презентация основных экспериментальных и теоретических результатов по поиску легкой темной материи в эксперименте NA64 в ЦЕРН. Обсуждаются текущие результаты и перспективы NA64. Также рассматриваются проблема происхождения смешивания $(\epsilon/2)F^{\mu\nu}F'^{\mu\nu}$ и связь смешивания с петлевыми поправками.

24.02-01.387 Двойной слой в квадратичной гравитации и принцип наименьшего действия. *Березин В.А., Докучаев В.И., Ерошенко Ю.Н., Смирнов А.Л.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2020. 51, № 4, с. 844-853. Рус.

Получены уравнения Израэля для тонких оболочек в общей теории относительности напрямую из принципа наименьшего действия. Разработан метод получения уравнений для двойного слоя в квадратичной гравитации из принципа наименьшего действия.

24.02-01.388 Спонтанная генерация гравитации в теории бран. *Желтухин А.А.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2020. 51, № 4, с. 890. Рус.

Рассмотрена модель Вселенной как 3-мерной браны, вложенной в 5-мерное пространство Минковского, и построено ее эффективное действие. Доказана инвариантность действия относительно спонтанно нарушенных вейлевской и масштабной симметрий. Показано, что эффективное действие 3-мерной браны обобщает действие квадратичной гравитации в модели Старобинского. Нарушение симметрии генерирует действие Гильберта—Эйнштейна с ньютоновской константой $G_N \sim 1/\mu^2$, где μ — средняя кривизна вакуумной гиперповерхности 3-мерной браны, определяющая шкалу масс. На основе полученного результата предложена модификация механизма спонтанной генерации гравитации в теории бран.

24.02-01.389 Физика и астрофизика космических лучей ультравысоких энергий: новые результаты Обсерватории Пьера Оже. *Де Мелло Нето Ж.Р.Т.* *Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2022. 53, № 2, с. 221-222. Рус.

Космические лучи ультравысоких энергий являются самы-

ми энергетическими носителями информации о Вселенной, их энергии достигают 10^{20} эВ. Изучение астрофизических частиц (ядер, электронов, нейтрино и фотонов) при наибольших достигаемых ими энергиях важно для фундаментальной физики, а также астрофизики. Первичные частицы взаимодействуют с атмосферой (или с литосферой Земли) и генерируют экстенсивные воздушные ливни частиц. Анализ этих ливней позволяет не только оценивать энергию, направление и наиболее вероятное значение массы первичных космических частиц, но и получать информацию о свойствах адронных взаимодействий при энергиях, превышающих более чем на порядок максимальные значения энергий, достигнутых в созданных человеком ускорителях. Обсерватория Пьера Оже, расположенная в провинции Мендоса (Аргентина), является самой большой экспериментальной установкой, предназначенной для регистрации и изучения космических лучей. Обсерватория представляет собой гибридный детектор площадью 3000 км^2 . Сбор данных в ней ведется на протяжении уже почти двадцати лет. Представлены последние результаты по энергетическим спектрам космических лучей, исследованиям в области физики адронов, поиску анизотропии по направлению в пространстве и изучению массового состава (включая исследования по фотонам и нейтрино). Также описывается статус текущих работ по обновлению («AugerPrime») обсерватории, целью которого является, прежде всего, улучшение чувствительности установки к определению типа и массы частиц, регистрируемых при анализе космических лучей ультравысоких энергий.

24.02-01.390 Поиск корреляций низкоэнергетических сигналов с гамма-всплесками, солнечными вспышками и гравитационными волнами с помощью детектора Vogexino. Ломская И. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 2, с. 255-264. Рус.

Представлены результаты по поиску корреляций низкоэнергетических сигналов с гамма-всплесками (GRB), солнечными вспышками (SF) и гравитационными волнами (GW) с помощью детектора Vogexino. Поиск скоррелированных событий с энергиями выше чем $0,25 (1,0) \text{ МэВ}$, расположенных внутри чувствительного объема детектора и идентифицированных не как альфа-частицы и космогенные распады (нейтриноподобные события), был проведен с различными временными окнами, центрированными вокруг времени регистрации гамма-всплесков или гравитационных волн. Поиск событий, скоррелированных с солнечными всплесками, проводился с временным окном, соответствующим длительности солнечных всплесков. Полученная скорость счета находится в хорошем статистическом согласии с ожидаемой скоростью счета от природного, космогенного и нейтринного фонов в детекторе. В результате получены лучшие верхние ограничения на все ароматы нейтрино, связанные с вышеупомянутыми астрофизическими источниками, для энергий нейтрино ниже $5\text{--}7 \text{ МэВ}$. Полученные ограничения позволяют исключить объяснение аномалии, полученной в 117-й серии нейтринного эксперимента Homestake с помощью солнечных нейтрино.

24.02-01.391 Корреляции между свойствами ядерной материи и характеристиками нейтронных звезд. Михеев С.А., Ланской Д.Е., Третьякова Т.Ю. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 2, с. 369-378. Рус.

Исследуются корреляции между характеристиками уравнения состояния ядерной материи и свойствами нейтронных звезд. Наиболее сильное влияние на характеристики нейтронных звезд оказывают первая, вторая и третья производные энергии симметрии ядерной материи по плотности, в то время как влияние несжимаемости материи заметно меньше.

24.02-01.392 Временная эволюция сложных систем: от микромира к макромиру. Куземский А.Л. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2023. 54, № 5, с. 1075. Рус.

Рассматриваются некоторые принципиальные подходы к описанию концепции времени в контексте классической и релятивистской физики. Обсуждаются понятия времени в классической и квантовой механике, а также в специальной и общей теории относительности. В отличие от этих дисциплин теория

квантовой гравитации представляет серьезную проблему в связи с трудностью объединения концепции времени в квантовой механике (абсолютное время Ньютона) и в общей теории относительности. Существуют подходы, доказывающие их полную несовместимость, что называется «парадоксом времени». В петлевой теории квантовой гравитации предлагается разрешение этого парадокса с помощью понятия «теплого» времени, которое вводится при переходе от микроскалы к макроскале по аналогии с крупнозернистым усреднением в статистической термодинамике. Обсуждается и критически анализируется данное положение.

24.02-01.393 Вывод Эйнштейна 1905 г. Об эквивалентности массы и энергии: действителен ли он? Всегда ли энергия равна массе и наоборот? Д'Абрамо Дж. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2023. 54, № 5, с. 1132. Рус.

В 1905 г. Эйнштейн дал свой первый вывод эквивалентности массы и энергии, изучив в разных системах отсчета энергетический баланс тела с электромагнитным излучением и приняв специальную теорию относительности в качестве предварительного условия. Здесь переоценивается логическая обоснованность подхода Эйнштейна и справедливость одного допущения, имеющего решающее значение для его вывода. Это предположение не имеет ничего общего со специальной теорией относительности. Если принять это предположение как верное, сущность эквивалентности массы и энергии (но не ее точную формулу) можно будет понять без специальной теории относительности или какой-либо полноценной физической теории. Однако это предположение не подтверждается с точки зрения физики, и в этом случае у Эйнштейна возник вопрос. Показано, почему следствие широко распространенной интерпретации $E=mc^2$ (т.е. каждый вид энергии имеет массу) является проблематичным.

24.02-01.394 Теория относительности: формирование и завершение. Петров В.А. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2023. 54, № 5, с. 1134. Рус.

Дан краткий обзор истории развития теории относительности от принципа относительности Галилея до общей формулировки теории относительности Игнатювским.

24.02-01.395 Принцип неопределенности Гейзенберга и траектории квантовых частиц. Аристархов С.К. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2023. 54, № 5, с. 1135. Рус.

В своей знаменитой статье 1927 г., а также в «Чикагских лекциях» (1929) В. Гейзенберг пришел к заключению, что мир не может состоять из точечных частиц, следующих траекториям. Критически анализируются аргументы В. Гейзенберга, приведшие его к этому выводу. Также уточняется смысл соотношения неопределенностей и проясняются связанные с ним некоторые заблуждения.

24.02-01.396 Новая концепция эфира и вычисление космологической постоянной. Сяо-Сон В. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2023. 54, № 5, с. 1136. Рус.

Поскольку общая теория относительности сталкивается с некоторыми трудностями, кажется, что необходимы новые размышления об эфирных теориях гравитации в истории. Дан краткий обзор теории гравитации, основанной на некоторых новых представлениях об эфире и частицах. В этой теории Вселенная заполнена своего рода жидкостью, которую можно назвать субстратом $\Omega(0)$ или, скажем, гравитационным эфиром. Частицы моделируются стоковыми потоками в субстрате $\Omega(0)$. Закон тяготения Ньютона выведен методами гидромеханики. Таким образом, гравитация интерпретируется как сила притяжения между стоками в субстрате $\Omega(0)$. Кратко рассмотрен теоретический расчет космологической постоянной на основе механической модели вакуума. Обсуждается предлагаемое решение проблемы космологической постоянной. Вдохновленные ассоциацией события гравитационной волны (GW) GW170817 и события гамма-всплеска (GRB) GRB 170817A, предлагаем теоретический расчет плотности массы электромагнитного эфира.

24.02-01.397 Поиск темной материи, ассоциативно

рожденной с бозоном Хиггса Стандартной модели в *pp*-столкновениях при энергии 13 ТэВ в эксперименте CMS (LHC). *Айрапетян А.А., Савина М.В., Тумасян А.Р., Шматов С.В. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2024. 55, № 1, с. 222-230. Рус.*

Представлена стратегия анализа для поиска темной материи, рождаемой ассоциативно с бозоном Хиггса (h) Стандартной модели, в рамках предсказаний модели «2HDM + a » в эксперименте CMS на Большом адронном коллайдере (LHC). Стратегия оптимизирована для анализа с использованием экспериментальных данных 2018 г. по *pp*-столкновениям при 13 ТэВ, соответствующих интегральной светимости $\sim 60 \text{ фб}^{-1}$. Показано, что наибольшей чувствительности к предполагаемому сигналу можно достичь при введении двух категорий анализа, соответствующих большим и малым значениям поперечного импульса h -бозона.

24.02-01.398 Пондеромоторные силы волн Альвена в магнитосфере Земли. *Фейгин Ф.З., Гульельми А.В. Физика Земли. 2023, № 6, с. 190-198. Рус.*

Статья посвящена 80-летию открытия волн Альвена, которые играют большую роль в физике, радиофизике, астрофизике и физике Земли. Внимание сосредоточено на пондеромоторном перераспределении плазмы в магнитосфере Земли под воздействием волн Альвена и ионно-циклотронных волн. На относительно небольших расстояниях от Земли пондеромоторная сила является выталкивающей, т.е. направлена вверх независимо от того, распространяется волна Альвена к Земле или от Земли. В приэкваториальной зоне центральных областей магнитосферы волны в диапазоне $Pc 1$ сгребают плазму к минимуму геомагнитного поля, так что на экваторе образуется максимум плотности плазмы при достаточно высокой интенсивности волн. На периферии магнитосферы происходит бифуркация и максимум расщепляется на два максимума, причем расстояние между ними увеличивается с удалением от Земли. В обсуждении кратко рассмотрены также полярный ветер, ускорение тяжелых ионов и фиктивная нелинейность поверхностного импеданса земной коры.

24.02-01.399 Результаты оценки абсолютных гравиметрических измерений на фундаментальном гравиметрическом пункте “Ледово” и гравиметрической сети России первого класса. *Конешов В.Н., Дробышев Н.В., Сермягин Р.А., Разинькова Е.П. Физика Земли. 2023, № 6, с. 199-206. Рус.*

Целью данной работы является оценка многолетних продолжительных измерений ускорения силы тяжести на фундаментальном гравиметрическом пункте “Ледово” и пунктах первого класса гравиметрической сети РФ. Наблюдения выполняются абсолютными гравиметрами начиная с середины семидесятых годов по настоящее время. Показано, что на пункте “Ледово” за последние 45 лет наблюдаемое значение ускорения силы тяжести имеет тренд к уменьшению, по нашим оценкам значение снизилось на 32 мкГал. Приведены результаты сравнения измерений на гравиметрических пунктах первого класса на территории России, проведенных в восьмидесятых годах после возобновления поддержания сети с измерениями.

24.02-01.400 Спутниковый мониторинг нижней атмосферы для выявления и идентификации предсейсмических возмущений. *Свердлик Л.Г. Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2023. 23, № 12, с. 179-185. Рус.*

Представлены результаты диагностирования аномалий температуры в нижней атмосфере, основанные на ретроспективном анализе данных дистанционного зондирования над эпицентральной областью землетрясения магнитудой $M=5.1$, произошедшего 15 февраля 2020 г. в восточной части Кыргызстана на границе с Китаем. Для анализа использовались вертикальные профили температуры на изобарических уровнях от 500 до 40 гПа, полученные по данным глобального реанализа MERRA-2. Как показала обработка спутниковых данных, проведенная с использованием разработанного алгоритма, область аномальной возмущения температуры наблюдалась вблизи эпицентра за 5–6 дней до рассматриваемого сейсмического события. Аномалии температуры наблюдались в условиях спокойной геомагнитной обстановки (значения DST-индекса варьировали от -20 нТл до $+10$ нТл), что дает основание предполагать их вероятную связь с процессом подготовки землетрясения.

См. также **24.02-01.15, 24.02-01.16**

Астрономия

24.02-01.401 Модернизация спутникового лазерного дальномера «Сажень-ТМ» в обсерватории «Светлое». *Кацев Ю.В., Коваль В.В., Корнев А.Ф., Митряев В.А., Рахимов И.А., Смоленцев С.Г. Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.: ИПА. 2023, с. 3-10. Рус.*

В 2011 г. в обсерватории «Светлое» комплекса «Квазар-КВО» для лазерной локации спутников была установлена изготовленная АО «НПК «СПП» квантово-оптическая система (КОС) «Сажень-ТМ», которая с 2012 г. задействована в регулярных наблюдениях по программам международной службы ILRS. В первые же годы был выполнен ряд работ по улучшению эксплуатационных характеристик КОС с учетом специфических метеорологических условий местности, что позволило значительно повысить интенсивность сеансов наблюдений. Однако точность единичных измерений оставалась на прежнем уровне (3–4 см), характерном для всех КОС «Сажень-ТМ», установленных на станциях российской сети лазерной дальнометрии. Такие погрешности измерений уже перестали отвечать современным требованиям, и модернизация КОС этого типа для улучшения ее точностных характеристик стала крайне актуальной. В 2021 г. в обсерватории «Светлое» были спланированы и проведены работы по модернизации КОС «Сажень-ТМ» на основе анализа источников случайной погрешности измерений. С учетом того, что наибольшее влияние на точность измерений оказывает длительность импульса лазера, было принято решение начать модернизацию КОС с замены излучателя. В ходе модернизации выполнены монтаж и сопряжение нового короткоимпульсного лазера со штатной аппаратурой изме-

рения дальности и доработана система измерения дальности КОС путем установки новых блоков высокоточной временной привязки стартового и стопового сигналов. В качестве источника излучения используется пикосекундный Nd:YAG лазер, разработанный в ООО «ЛЮС» (г. Санкт-Петербург) совместно с Университетом ИТМО (г. Санкт-Петербург) и отличающийся от старого лазера существенно более коротким импульсом: 35 пс вместо 300 пс. Для обеспечения рабочего температурного диапазона лазера разработана специальная система термостабилизации. Экспериментальные наблюдения, начатые после проведения юстировки нового излучателя и настройки КОС для работы с короткими импульсами, показали существенное улучшение точности измерений. Сравнение с данными наблюдений, выполненных до модернизации КОС, показывает, что для спутников Лагеос-1 и Лагеос-2 произошло повышение точности единичных измерений дальности более чем в 2 раза. На более значительную величину точность улучшилась для низкоорбитальных КА: с 30–35 мм до 8–13 мм. В целом выполненная модернизация привела к улучшению точности измерений лазерного дальномера «Сажень-ТМ» в 2–2.5 раза в зависимости от типа КА. В ходе выполнения данного этапа модернизации также намечены возможные шаги дальнейшей модернизации КОС, при реализации которых может быть достигнута точность измерений дальности на уровне единиц мм. Опыт модернизации КОС «Сажень-ТМ» в обсерватории «Светлое» может быть распространен также на все станции российского сегмента ILRS, оснащенные КОС данного типа.

24.02-01.402 Регистрация радиоизлучения в спектральных линиях на основе многофункциональной

цифровой системы преобразования сигналов. Гренков С.А., Рахимов И.А., Федотов Л.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.: ИПА. 2023, с. 11-17. Рус.

Начиная с 2006 г. в обсерватории «Светлое» проводятся наблюдения радиоизлучений в спектральных линиях гидроксила и воды. При этом для регистрации спектров сигналов использовались макетные образцы различной аппаратуры, в том числе основанной на методе калибровки спектров, разработанном в ИПА РАН специально для цифровых спектрометров. В настоящее время все радиотелескопы комплекса «Квазар-КВО» оснащаются новыми многофункциональными цифровыми системами преобразования сигналов (МСПС). На радиотелескопе РТ-32 в обсерватории «Светлое» уже установлена МСПС, которая обеспечивает цифровую обработку сигналов промежуточных частот радиотелескопа в программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). МСПС может заменить любую систему, отвечающую за преобразование сигналов на радиотелескопе, и за счёт загрузки специализированных прошивок ПЛИС обеспечивает регистрацию сигналов не только при РСДБ, но также при радиометрических и спектральных наблюдениях. Для спектрометрических наблюдений разработаны прошивки ПЛИС с разными полосами регистрации для обеспечения наблюдений мазерных радиоизлучений гидроксила (18 см) и воды (1.35 см). В статье дано описание принципа действия спектрометрических модулей на основе каналов многофункциональной системы, а также разработанного алгоритма и структуры конфигурации ПЛИС. Каждый такой модуль обеспечивает цифровую обработку сигналов с тактовой частотой дискретизации до 4096 МГц в полосе приема до 2 ГГц и позволяет с использованием разработанных прошивок ПЛИС выделять 32768 спектральных компонент с частотным разрешением до ≈ 61.035 Гц. В программном обеспечении (ПО) и прошивке модуля реализованы цифровая регистрация и измерение мощности радиометрических сигналов, анализ спектров сигналов, а также обнаружение, анализ и исключение помех из спектра сигнала. Многофункциональная система с разработанными прошивками ПЛИС и ПО были испытаны в обсерватории «Светлое» на радиотелескопе РТ-32. Для этого были проведены специальные спектрометрические наблюдения с параллельным использованием МСПС и штатного спектрометра на базе каналов системы преобразования сигналов Р1002М, основные результаты которых приводятся в статье. Испытания показали эффективность применения новой многофункциональной системы преобразования сигналов для спектрометрической регистрации радиоастрономических сигналов. Разработанные прошивки ПЛИС для каналов многофункциональной системы будут использоваться в опытных образцах, вводимых в эксплуатацию на радиотелескопах комплекса «Квазар-КВО».

24.02-01.403 Учёт структуры радиоисточника при обработке геодезических РСДБ-наблюдений на примере источника 0014+813. Курдубов С.Л., Сербин А.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.: ИПА. 2023, с. 18-28. Рус.

Статья посвящена исследованию возможности учёта структуры радиоисточника при обработке данных РСДБ-наблюдений. Определяемая по РСДБ-наблюдениям групповая задержка сигнала от внегалактических радиоисточников между двумя удалёнными радиотелескопами является суммой задержек, обусловленных различными эффектами, в том числе структурой радиоисточника. Многие из источников, входящих в Международную небесную систему отсчета (ICRF), имеют пространственно-протяжённую структуру, поэтому структурную задержку необходимо учитывать при обработке результатов РСДБ-наблюдений. Однако на практике моделирование структурной задержки сталкивается со многими проблемами, одной из которых является изменчивость структуры источника. Метод исследования основан на построении численной модели структурной задержки с использованием формул, приведённых в статье Патрика Шарло. В качестве входных данных использовались FITS-файлы, содержащие карты радиояркости из базы данных за 2018–2019 гг. (<http://astrogeo.org/vlbimages>) и невязки, полученные в результате обработки данных суточных РСДБ-наблюдений на корреляторе DiFX за тот же период

времени. При расчётах использовались не пиксели карты радиояркости, содержащейся в FITS-файле, а функции Гаусса, аппроксимирующие карту радиояркости, содержащиеся в том же FITS-файле. Написанная программа позволяет моделировать карты радиояркости путём отбора наиболее ярких структурных элементов карты источника, учёт которых максимально уменьшает СКО невязок. В начале работы была написана программа вычисления структурной задержки сигнала в зависимости от всемирного времени. Для тестирования программы было выполнено сравнение полученной зависимости для радиоисточника NRAO140 (0333+321) с данными из оригинальной статьи. Далее с использованием этой программы были вычислены ионосферно-свободные комбинации структурных задержек в зависимости от звёздного времени. При сравнении полученных задержек для источника 0014+813 с невязками, полученными коррелятором DiFX, была обнаружена схожесть их зависимостей от звёздного времени. Так же были вычислены СКО невязок после вычитания из них ионосферно-свободных комбинаций структурных задержек. Было показано, что учёт всех гауссиан модели радиоисточника не приводит к значительному уменьшению СКО для большинства FITS-файлов. Поэтому в программу был добавлен специальный блок, по определённому алгоритму отбирающий гауссианы, учёт которых наилучшим образом уменьшает СКО невязок. Применение данного алгоритма привело к существенному уменьшению СКО невязок при использовании всех FITS-файлов.

24.02-01.404 Апробирование метода исключения медленного тренда из измерений параметров вращения Земли с помощью двойного вейвлет-преобразования. Пасынок С.Л. Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.: ИПА. 2023, с. 29-36. Рус.

При изучении вариаций параметров вращения Земли необходимо корректно исключить из результатов измерений медленный тренд. Как правило, это осуществляется применением соответствующего фильтра или прямого вейвлет-преобразования. Однако результат такой операции зависит от формы фильтра или применяемых базисных функций (в случае вейвлета) и не однозначен. В настоящей статье рассматриваются результаты апробирования одного из методов исключения тренда — метода двойного вейвлет-преобразования, который позволяет исключить медленный тренд (состоящий как из вековой, так и из долгопериодической части) из результатов измерений без значительного искажения формы высокочастотной части исходного сигнала. Этот метод был применен для исключения медленного тренда из наблюдаемых значений параметров вращения Земли (координат земного полюса и вариаций угловой скорости вращения Земли) и последующего уточнения коэффициентов осредненных моделей сезонных вариаций угловой скорости вращения Земли, всемирного времени и движения земного полюса. В качестве измерительных данных использовались данные о параметрах вращения Земли Международной службы вращения Земли и опорных систем. После исключения тренда был проведен анализ остатков с помощью метода наименьших квадратов, в результате которого были уточнены коэффициенты усредненных моделей сезонных составляющих этих вариаций. Качество построенных моделей оценивалось по остаточным невязкам с применением метода быстрого преобразования Фурье. Результаты показали эффективность метода и высокое качество моделей с уточненными коэффициентами.

24.02-01.405 Статистика обнаружений импульсных сигналов в площадке со склонениями от +52 до +56° на частоте 111 МГц. Самодуров В.А., Тюльбашев С.А., Торопов М.О., Долгушев А.В., Орешко В.В., Логвиненко С.В., Исеев Е.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.: ИПА. 2023, с. 37-44. Рус.

Поставлена задача по поиску и статистическому анализу импульсных сигналов во время мониторинговой программы обзора неба на радиотелескопе БСА ФИАН. Основная цель работы — поиск пульсаров и других транзиентов в данных радиотелескопа для новой площадки обзора в полосе склонений $+52 < \delta < +56^\circ$. Отработана методика потоковой обработки получаемых данных. Результаты круглосуточного обзора на многолучевой диаграмме БСА ФИАН были последовательно разделены на отрезки по 10 сек. На каждом временном отрезке для

каждого интервала наблюдаемых частот определялись основные характерные параметры данных: среднее медианное значение на выделенном отрезке выбранного интервала частот для определенного луча диаграммы, значения максимума и минимума, а также его расположение на временном отрезке, среднеквадратичное уклонение и некоторые другие параметры. Найденные для каждого отрезка параметры данных привязывались к прямому восхождению и записывались в специальные файлы сжатых данных. После чего проводился их статистический анализ в привязке ко времени наблюдения и нескольким координатам. Статистическая обработка данных за несколько месяцев (312 суток), записанных в шести частотных каналах с общей полосой 2.5 МГц, показала, что в среднем в каждом из 32 подключенных стационарных лучей наблюдается около 10 импульсов в час. Многие из этих событий взаимосвязаны (проявляют себя сразу в нескольких лучах БСА), и после объединения на один час в среднем обнаруживается 21.4 объединенных события, или примерно одно событие в 3 мин. Всего найдено более 160 тыс. взаимосвязанных событий. При выделении событий, происходящих только в 1–2 соседних лучах радиотелескопа (таковых найдено более 40 тыс.), найдено, что около 55% из них порождены пульсарами (показывают признаки дисперсионных задержек, зависящих от частоты регистрации). Для указанной полосы склонений $+52 < \delta < +56^\circ$ рассчитана статистика всех импульсных явлений, имеющих признаки дисперсионных задержек, произведен ее анализ. В рамках проведенной работы найдены импульсы от 4 уже известных пульсаров и определены 4 кандидата в новые пульсары.

24.02-01.406 **Определение азимута по радионаблюдениям геостационарных ИСЗ. Трофимов Д.А., Петров С.Д., Чекунов И.В.** Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.: ИПА. 2023, с. 45-52. Рус.

Работа посвящена проблеме оперативного определения азимута с точностью 1' методом радиоинтерферометрических наблюдений геостационарных спутников Земли для выставки инерциальных навигационных систем. Использование радиоинтерферометрических наблюдений позволит добиться полной метеозависимости определения азимута. Рассмотрены применяющиеся сейчас методы определения азимута, такие как высокоточная спутниковая навигация, астрономические наблюдения, геодезические и гиротеодолитные измерения. Используемые в настоящее время астрономические, геодезические и гиротеодолитные методы определения азимута имеют недостатки, которые не позволяют обеспечить предъявляемые требования. Для решения данной проблемы авторами предложено проводить радиоинтерферометрические наблюдения геостационарных спутников Земли с целью определения азимута. Геостационарные спутники Земли, как правило, являются спутниками связи или телевидения, вследствие чего являются яркими источниками радиоизлучения на небе, и подавать их сигнал гораздо сложнее, чем сигнал ГНСС. Их количество велико (несколько сотен), поэтому с наведением на них не должно возникнуть проблем. Широкое распространение технологий спутниковой связи и телевидения позволит использовать при создании наблюдательной аппаратуры уже апробированные технологические решения. Предварительные расчеты показывают, что получение азимутальной информации с заданной точностью и необходимой оперативностью возможно. Отработаны два способа определения азимута: в условиях известной и неизвестной базы интерферометра. Показано, что метод с известной базой является более быстрым и надежным, без проблем, возникающих в случае применения метода с неизвестной базой. В работе рассмотрены сложности данных методов и предложены перспективы дальнейшего развития.

24.02-01.407 **Характеристики долговременной нестабильности водородных стандартов частоты и шкал времени ГЭВЧ. Антропов С.Ю., Глазов Е.Ю., Карауш А.А., Наумов А.В., Норец И.Б., Смирнов Ю.Ф.** Труды Института прикладной астрономии РАН № 65. СПб.: ИПА. 2023, с. 3-6. Рус.

Хранение и воспроизведение единиц времени на эталонах государственной службы времени и частоты производятся на основе наблюдений за группой квантовых стандартов частоты. В результате формируются аналитическая и физическая шка-

лы времени. Аналитическая шкала времени представляет собой ряд поправок к сигналам 1 Гц квантовых стандартов частоты, а физическая — формируемые при помощи оборудования сигналы 1 Гц, приближенные по моменту к числовым значениям аналитической шкалы времени. Погрешность хранения шкал времени в основном определяется нестабильностью квантовых стандартов частоты. С целью уменьшения нестабильности частоты в состав Государственного эталона единиц времени, частоты и национальной шкалы времени (ГЭВЧ) включены водородные стандарты частоты и времени с улучшенными характеристиками. Предложены изменения в алгоритм формирования физической шкалы времени, в частности, изменена периодичность выполнения группового анализа данных внутренних сличений и расчетов аналитической шкалы времени с 1 раза в сутки до 1 раза в 3 мин. В результате обработки данных внутренних сличений частот водородных стандартов выполнены оценки индивидуальной нестабильности частоты отдельных водородных стандартов для значений интервала времени измерения не более 1 суток. Оценка нестабильности частоты водородных стандартов для значений интервала времени измерения более 1 суток проводилась относительно международной шкалы времени ТАИ по данным внешних сличений, публикуемых ВРМ. Использование данных ВРМ позволило также провести оценки нестабильности частоты водородных стандартов зарубежных лабораторий. Включение новых водородных стандартов в состав ГЭВЧ позволило добиться лучших, по сравнению с зарубежными квантовыми стандартами частоты, показателей нестабильности частоты. Как следствие, улучшилась прогнозируемость хода водородных стандартов, в результате чего удельный вес отечественных водородных стандартов частоты и времени в формирование международной шкалы времени ТАИ превысил веса квантовых стандартов частоты других ведущих лабораторий мира.

24.02-01.408 **Итоги исследований Солнца по наблюдениям солнечных затмений на радиотелескопах ИПА РАН за период 1999—2022 гг. Иванов Д.В., Рахимов И.А., Дьяков А.А., Олифирова В.Г., Ильин Г.Н., Петерова Н.Г., Топчило Н.А., Ипатов А.В., Андреева Т.С., Хвостов Е.Ю., Быков В.Ю.** Труды Института прикладной астрономии РАН № 65. СПб.: ИПА. 2023, с. 7-22. Рус.

Изначально радиоастрономический РСДБ-комплекс «Квазар-КВО» ИПА РАН был предназначен для решения задач в области космической геодезии. Однако его технические характеристики оказались очень подходящими для проведения исследований микроволнового излучения Солнца, при использовании наблюдений солнечных затмений. Они ведутся на радиотелескопах ИПА РАН уже в течение двух 11-летних циклов солнечной активности 1999—2022 гг. Задача данной работы состояла в том, чтобы обобщить полученные результаты с целью определения возможностей и перспектив дальнейшего развития исследований Солнца в ИПА РАН. В статье представлен обзор всех 9 проведенных наблюдений затмений. Приведено краткое описание используемого метода наблюдений и их обработки, а также технических характеристик приемной аппаратуры и системы регистрации. Используемый метод считается наилучшим по точности координатных измерений и позволяет достичь предельно допустимое дифракцией значение ~ 3 угл. сек. Приведены основные результаты наблюдений, касающиеся тонкой пространственной структуры и спектрально-поляризационных характеристик отдельных локальных деталей источников излучения (солнечные пятна, межпятенное излучение, радиогрануляция, протуберанцы). Выполнено измерение эффективной яркостной температуры Солнца и его радиорадиуса. Анализ результатов показал, что с развитием инструментальной базы качество полученных результатов постоянно увеличивалось и в настоящее время находится на хорошем современном уровне. Для дальнейшего повышения качества и результативности исследований рекомендуется дополнить их более длинными, внезатменными наблюдениями Солнца с использованием новых методик, выбирая моменты, когда инструменты не задействованы для выполнения основных навигационных задач.

24.02-01.409 **О проблемах создания ядерно-**

оптического стандарта частоты на основе ^{229}Th . Карпешин Ф.Ф., Витушкин Л.Ф. Труды Института прикладной астрономии РАН № 65. СПб.: ИПА. 2023, с. 23-28. Рус.

Наиболее вероятным кандидатом на роль ядерно-оптического стандарта является 8-эВ изомер ^{229}Th изотопа ядра тория. Обсуждаются пути использования резонансных свойств электронной оболочки как оптического резонатора для создания лазерно-ядерных технологий, необходимых для оптической накачки ядерных изомеров и других манипуляций над атомными ядрами, ведущих к созданию стандарта частоты следующего поколения и ядерно-оптических часов на их основе. Реализация проекта требует уточнения энергии изомера вплоть до ширины ядерной линии. Это можно сделать путем резонансной оптической накачки. Ее практическое воплощение невозможно без использования резонансных свойств электронной оболочки. В нейтральных атомах они сводятся к внутренней конверсии, в ионизованных — ее место занимает резонансная конверсия. Первый путь предполагается в виде реализации на базе университета JILA. Внутренняя конверсия приводит к уширению ядерной линии на девять порядков величины, что облегчит поиск резонанса до практически реализуемого уровня. В статье подробно рассмотрен второй путь. Показано, что он позволит повысить эффективность эксперимента еще на 3–5 порядков величины. В статье разбираются важные принципы резонансной оптической накачки, такие, как наличие конечной ширины у промежуточного электронного состояния, и другие, которые обычно упускаются из виду с фатальным результатом для эксперимента.

24.02-01.410 Результаты моделирования многолучевых диаграмм направленности и эффективности ESMT в фокусе Кассегрена в диапазоне 1–3 мм. Макоев Г.А., Хайкин В.Б. Труды Института прикладной астрономии РАН № 65. СПб.: ИПА. 2023, с. 29-41. Рус.

Новые одиночные миллиметровые/субмиллиметровые телескопы сегодня очень востребованы в Евразии, так же, как и их включение в миллиметровую/субмиллиметровую РСДБ. Цель данной работы — получение многолучевых диаграмм направленности ESMT в диапазоне 2–3 мм и оценка абберационных потерь эффективности ESMT в диапазоне 1–3 мм для схемы Кассегрена без использования третичной оптики. Это позволит оценить возможность использования малоформатных матриц в фокусе Кассегрена ESMT для антенных измерений и калибровочных наблюдений, включая моментальные наблюдения большей части диска Луны, а также для спектральных наблюдений протяженных галактических объектов и активных областей Солнца. Методом прямого интегрирования апертурного поля были рассчитаны одиночные и многолучевые диаграммы направленности ESMT из фокуса Кассегрена на волне 3 мм и 2 мм для плоской матрицы 9×9 приемников (первичных облучателей), что близко к допустимому пределу. Различными методами также рассчитаны абберационные потери эффективности ESMT в диапазоне 1–3 мм для матричного режима работы из вторичного фокуса. Показано, что наиболее существенной абберацией в фокусе Кассегрена в поле зрения $15\times 15'$ и более является кривизна поля изображения. Приведены результаты моделирования диаграммы направленности, фазовой ошибки в раскрыве, ожидаемых абберационных потерь эффективности по Рузе и Шилу в сравнении с телескопом ALMA и антенной MMA.

24.02-01.411 Опыт исследований прилиम्бовой зоны Солнца по наблюдениям на крупных полноповоротных радиотелескопах. Топчило Н.А., Нагнибеда В.Г., Петерова Н.Г. Труды Института прикладной астрономии РАН № 65. СПб.: ИПА. 2023, с. 42-53. Рус.

Наблюдения прилиम्бовой зоны имеют особое значение для исследований атмосферы Солнца, поскольку дают информацию о ее высотной структуре. Наблюдаемые на микроволнах хромосфера, переходная область и нижняя корона содержат большое количество нестационарных 3-мерных структур разных типов и размеров, трудности изучения которых значительно увеличиваются в этой зоне из-за наличия сильного общего высотного градиента яркости. Так что обычно используемый в радионаблюдениях метод растрового картографирова-

ния при выделении источников на лимбе Солнца приводит к большим ошибкам. Целью данной работы является демонстрация возможностей повышения точности прилиम्бовых наблюдений на существующих крупных полноповоротных антеннах. Ранее, при использовании подобных радиотелескопов, имеющих характерный размер диаграммы направленности в несколько угловых минут, для устранения указанных ошибок был предложен иной метод — круговое сканирование (Топчило, 1983), когда телескоп выполняет круговые относительно центра Солнца сканы. Этот и другие разработанные методы были реализованы в начале 1980-х годов на радиотелескопе РТ-22 ФИАН, а в конце 1980-х и на РТ-22 КрАО. Подобные методы много лет использовались для картографирования Солнца на радиотелескопе РТ-7.5 МГТУ им. Баумана на волнах 3.4 и 2.5 мм. Для демонстрации преимуществ новых методов в статье приведены результаты проведенных в 1980–1990-х годах наблюдений солнечных протуберанцев за лимбом Солнца и волокон на диске в прилиम्бовых областях на волнах 8 мм и 1.35 см. Определены их положение, размеры вдоль лимба и высоты, измерено магнитное поле. Отмечены случаи наблюдений подъема и разрушения протуберанцев, а также выбросов корональной массы (СМЕ). Измерены значения радиорadiusа Солнца. Исходя из нашего опыта, можно заключить, что предложенные методы, без сомнения, могут быть реализованы и на радиотелескопах, входящих в комплекс «Квазар-КВО» ИПА РАН. Определен круг перспективных научных задач по солнечной тематике и требования к организации наблюдений и их программному обеспечению.

24.02-01.412 Радиосвойства далеких галактик на $z\geq 1$ — дополнительные материалы. Хабибуллина М.Л., Михайлов А.Г., Сотникова Ю.В., Муфазаров Т.В., Мингалиев М.Г., Кудряшова А.А., Бурсов Н.Н., Столяров В.А., Удовицкий Р.Ю. Астрофизический бюллетень. 2023. 78, № 4, с. 465-486. Рус.

Изучение радиогалактик на больших красных смещениях (HzRG — high-redshift radio galaxies) может пролить свет на эволюцию массивных эллиптических галактик. Квазары являются подавляющим большинством обнаруживаемых радиоисточников на больших красных смещениях, в то время как радиогалактик на $z\geq 3$ детектируется значительно меньше. В работе представлены радиосвойства 173 источников, оптически отождествленных с радиогалактиками на $z\geq 1$ со спектральной плотностью потока $S_{1.4}\geq 20$ мЯн. По литературным данным были построены широкодиапазонные радиоспектры галактик, оценены их радиопеременность, радиосветимость и радиогромкость. Обнаружено, что почти 60% галактик имеют крутые или ультра крутые радиоспектры; 22% — плоские, инвертированные, растущие и комплексные формы спектров, 18% — спектры с пиком (PS — peaked spectra). Большинство PS в выборке (20/31) имеют спектральные пики на частотах менее 1 ГГц, то есть являются кандидатами в молодые компактные объекты. Медианные значения индексов переменности на частотах 11 и 5 ГГц составляют $V_{S11}=0.14$ и $V_{S5}=0.13$, что, в целом, свидетельствует о слабом или умеренном характере долговременной переменности радиоизлучения галактик. Характерные радиосветимость и радиогромкость составляют $L_5=10^{43}-10^{44}$ эрг с^{-1} и $\lg R=3-4$ соответственно. Для представленной выборки обнаружен менее заметный вклад радиоизлучения компактного ядра по сравнению с яркими квазарами на $z\geq 3$. Разнообразие полученных радиосвойств отображает разные условия формирования источников радиоизлучения в галактиках.

24.02-01.413 Оптическая и радиопеременность блазара S4 0954–658 — дополнительные материалы. Властьков В.В., Сотникова Ю.В., Вольвач А.Е., Спиридонова О.И., Столяров В.А., Михайлов А.Г., Ковалев Ю.А., Ковалев Ю.Ю., Хабибуллина М.Л., Харинков М.А., Янг Л., Мингалиев М.Г., Семенова Т.А., Жеканис П.Г., Муфазаров Т.В., Удовицкий Р.Ю., Кудряшова А.А., Вольвач Л.Н., Эркенов А.К., Москвитин А.С., Емельянов Е.В., Фатхуллин Т.А., Цыбулев П.Г., Нижельский Н.А., Жеканис Г.В., Кравченко Е.В. Астрофизический бюллетень. 2023. 78, № 4, с. 487-511. Рус.

Представлено исследование оптической и радиопеременности

блара S4 0954+658 в период 1998—2023 гг. Измерения получены на оптических телескопах САО РАН Цейсс-1000 и AS-500/2 в 2003—2023 гг. и на радиотелескопе РАТАН-600 на частотах 1.25 (0.96, 1.1), 2.3, 4.7 (3.7, 3.9), 8.2 (7.7), 11.2, 22.3 (21.7) ГГц в 1998—2023 гг., на радиотелескопах РТ-32 обсерваторий Зеленчукская и Бадары ИПА РАН на 5.05 и 8.63 ГГц в 2020—2023 гг., на радиотелескопе РТ-22 КрАО РАН на частоте 36.8 ГГц в 2009—2023 гг. В течение указанного периода блазар продемонстрировал экстремально высокую широкополосную активность с амплитудой переменности до 70—100%. В радиодиапазоне S4 0954+658 показал максимальную историческую активность с многочисленными вспышками разной амплитуды и продолжительности. Крупные вспышки длились в среднем от 0.3 до одного года на частотах 22—36.8 ГГц и немного дольше на 5—11.2 ГГц. Оптические вспышки у блазара намного короче и длятся от 7 до 50 дней. В эпоху наибольшей активности — в 2014—2023 гг. — характерный временной масштаб τ вариаций радиоизлучения на 5—22 ГГц составил около 100 дней, а в эпоху наименьшей активности — в 2003—2014 гг. — $\tau \sim 1000$ дней. Для всего периода измерений обнаружена корреляция излучения в оптическом, радио- и γ -диапазонах, означающая, что мы наблюдаем одну популяцию фотонов, испускаемых из разных излучающих областей. Линейные размеры области излучения оценены как 0.5—2 пк для разных условий. Широкодиапазонный радиоспектр S4 0954+658 с двумя спектральными компонентами был промоделирован с использованием и электронов, и протонов как излучающих частиц. Полученный результат показал, что синхротронное радиоизлучение в этом блазаре может генерироваться релятивистскими протонами.

24.02-01.414 **Спутники вокруг галактик, видимых с ребра. I. Динамические массы — дополнительные материалы.** *Смирнов Д.В., Макаров Д.И., Караченцев И.Д. Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 512-524. Рус.

Предприняты поиски спутников вокруг галактик, наблюдаемых с ребра, из каталога EGIPS, который насчитывает 16 551 объект со склонениями выше 30° . Искались системы с доминирующей по светимости центральной галактикой, яркость которой как минимум на m больше своих компаньонов. В результате было обнаружено 1097 кандидатов в спутники вокруг 764 EGIPS-галактик с проекционным расстоянием менее 500 кпк и разностью лучевых скоростей менее 300 км с^{-1} . Из них 757 спутников вокруг 547 центральных галактик имеют точности определения лучевых скоростей лучше 20 км с^{-1} и удовлетворяют условию гравитационной связанности. Ансамбль спутников характеризуется средним проекционным расстоянием 84 кпк и средней дисперсией лучевых скоростей 103 км с^{-1} . Рассматривая мелкие спутники как пробные частицы, движущиеся по изотропным орбитам вокруг центральных EGIPS-галактик, мы определили проекционные (орбитальные) массы галактик, видимых с ребра. В диапазоне светимостей от $1.3 \cdot 10^{10}$ до $42 \cdot 10^{10} L_\odot$ полная масса систем хорошо описывается линейной зависимостью $\lg M_p \propto 0.88 \lg \langle L_K \rangle_g$ со средним отношением полной массы к К-светимости, равном $(17.5 \pm 0.8) M_\odot / L_\odot$, что типично для близких спиральных галактик, таких как Млечный Путь, М 31 и М 81.

24.02-01.415 **Влияние бара на динамику шаровых скоплений в центральной области Млечного Пути. Частотный анализ орбит по данным Gaia EDR3.** *Байкова А.Т., Смирнов А.А., Бобылев В.В. Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 525-540. Рус.

Работа посвящена изучению влияния бара на орбитальную динамику шаровых скоплений. Проведен анализ орбит 45 шаровых скоплений в центральной галактической области радиусом 3.5 кпк методами спектральной динамики с целью выявления объектов, захваченных баром. Для формирования 6D-фазового пространства, требуемого для интегрирования орбит, использованы самые точные на сегодняшний день астрометрические данные со спутника Gaia (EDR3), а также новые уточненные средние расстояния до шаровых скоплений. Поскольку параметры бара Млечного Пути известны с очень большой неопределенностью, то были построены орбиты и проведен их частотный анализ с варьированием массы, длины и угловой скорости вращения бара в широком диапазоне значений с достаточно малым шагом. Интегрирование орбит проводилось на

2.5 млрд лет назад. В результате были выявлены шаровые скопления, поддерживающие бар, для каждого набора параметров бара. Впервые получено аналитическое выражение для зависимости доминантной частоты f_χ от угловой скорости вращения бара. Кроме того, были определены вероятности захвата шаровых скоплений баром при варьировании параметров бара в определенных диапазонах значений по случайному закону распределения. Приводится список из 14 шаровых скоплений с наиболее значимыми вероятностями захвата, при этом пять ШС — NGC 6266, NGC 6569, Terzan 5, NGC 6522, NGC 6540 — показывают вероятность захвата баром $P \geq 0.2$. Сделан вывод о регулярности орбит шаровых скоплений на основе вычисления приближений максимальных характеристических показателей Ляпунова.

24.02-01.416 **Прогресс в исследованиях сверхновых с помощью 2.5-м телескопа Кавказской горной Обсерватории ГАИШ МГУ.** *Цветков Д.Ю., Павлюк Н.Н., Ечеистов В.А., Бакалов П.В. Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 541-561. Рус.

Представлены результаты фотометрических и спектроскопических наблюдений сверхновых на 2.5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ. Построены кривые блеска для объектов 2017egm, 2017eaw, 2018cow, 2018aoq, 2018zd, 2019uvr, 2019vxm, 2020lf, 2020xtz, определены их основные параметры. Для SNe II-P 2017eaw, 2018aoq наблюдаемые кривые блеска сравниваются с теоретическими расчетами. Представлены спектры SNe 2019vxm, 2019uvr, 2020lf, 2020xtz. Для SNe II 2019vxm, 2020lf осуществлено исследование профилей эмиссионных линий. Для SNe 2019uvr, 2020xtz проведено моделирование спектров. Приведены результаты программы оперативной спектральной классификации SNe для восьми объектов.

24.02-01.417 **Спектральные классы компонентов долгопериодических разделенных затменных двойных систем по данным спектроскопии низкого разрешения.** *Князев А.Ю., Катков И.Ю., Малков О.Ю., Бердников Л.Н., Шатский Н.И., Додин А.В., Желтоузов С.Г. Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 562-578. Рус.

Представлены результаты спектральных наблюдений и последующего анализа шести долгопериодических разделенных затменных двойных звезд (DLEB) с компонентами на главной последовательности (ГП) из выборки, сформированной с целью проверки соотношения «масса — светимость» (MLR) для звезд в диапазоне масс $M/M_\odot > 1.5$. Мы провели анализ всех полученных спектров по методике, которая позволяет выявить двойственность системы и определить T_{eff} и $\lg g$ для каждого компонента, а также металличность системы $[Fe/H]$ и величину покраснения $E(B-V)$ на луче зрения. Были рассчитаны абсолютные параметры изучаемых систем. Анализ полученных спектров показывает, что у трех объектов из шести (V1156 Cyg, EU Gem и V733 Per) мы уверенно обнаруживаем двойственность по их спектрам и определяем спектральный тип и класс каждого компонента. В системе V733 Per оба компонента уже покинули ГП, поэтому система должна быть исключена из нашей выборки, а изучение V1156 Cyg и EU Gem следует продолжить. Спектр OT And не показал двойственности, однако главный компонент системы — горячая звезда A6 V, и поэтому OT And должна остаться в нашей выборке. Двойственности систем IM Del и LX Gem мы также не выявили. Более яркие их компоненты оказались холодным гигантом и сверхгигантом, и по результатам нашего анализа эти системы должны быть исключены из выборки. По такой же методике мы провели анализ двух спектров, полученных для систем EU Gem и LX Gem с помощью LAMOST. Мы показали, что параметры, определяемые из спектров LAMOST, очень хорошо сходятся с параметрами, определенными для спектров, полученных в Кавказской горной обсерватории (КГО) ГАИШ МГУ. Наш анализ позволил построить первое приближение для кривых скоростей системы V1156 Cyg и показать, что в этой системе холодный компонент имеет большую массу.

24.02-01.418 **Усовершенствованный метод определения расстояний по межзвездным линиям ионизованного титана — дополнительные материалы.** *Галазутдинов Г.А., Сантандер Т.А., Бабина Е.В., Креловски Я.*

Астрофизический бюллетень. 2023. 78, № 4, с. 579-585. Рус.

Измерены эквивалентные ширины (EW) межзвездных линий поглощения $Ti\ II\ \lambda\ 3383.759$ для более 250 звезд с межзвездным покраснением и обнаружили хорошую корреляцию между значениями EW и расстояниями до звезд, оцененными с помощью параллакса по данным Gaia DR3. Для очень ярких объектов, которые не наблюдались космическим телескопом Gaia, были использованы тригонометрические параллаксы Hipparcos. Процедура оценки расстояния по линиям $Ti\ II$ аналогична хорошо известному Ca II-методу. Однако у $Ti\ II$ -метода есть, как минимум, три преимущества: в отличие от межзвездных H и K линий Ca II, нет блендирования линий $Ti\ II$ со звездными линиями даже для B-звезд поздних классов; линии $Ti\ II$ в гораздо меньшей степени подвержены влиянию эффекта насыщения; измеряется только одна линия, то есть учитывается только одна погрешность измерения. Связь между эквивалентной шириной линии $Ti\ II$ и расстоянием задается простым уравнением $d \sim 30EW$, где d — расстояние в парсеках, а EW — эквивалентная ширина линии $Ti\ II\ 3383.759$ в мÅ.

24.02-01.419 Оптическая и рентгеновская переменность звезд типа $\gamma\ Cas$: HD 45995. Холтыгин А.Ф., Якунин И.А., Бурлак М.А., Рыспаева Е.Б. *Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 586-595. Рус.

Настоящая работа посвящена исследованию переменности звезды HD 45995 типа $\gamma\ Cas$. Анализируются как ее оптические, так и рентгеновские спектры. Обнаружена переменность профилей линий в спектре HD 45995 на длительных (350–380 суток) и на коротких (11–87 минут) интервалах времени. По фотометрическим кривым блеска HD 45995, полученным на спутнике TESS, уточнен период вращения звезды: $P = 0.8443 \pm 0.0009$ суток. В этих кривых блеска выявлены компоненты с типичными для нерадиальных пульсаций B-звезд периодами около 11 часов и компоненты с периодами около 4–14 суток, природа которых пока неизвестна. Отметим, что, в принципе, последние компоненты могут носить инструментальный характер, например, вследствие дрейфа спутника. Характер фотометрической переменности по данным TESS существенно меняется для разных эпох наблюдений в 2018/2019 и 2020/2021 гг. В рентгеновских кривых блеска HD 45995 заподозрено присутствие сверхбыстрых вариаций с периодом $P = 48.5 \pm 0.5$ секунд.

24.02-01.420 Результаты измерений магнитных полей на БТА. IX. Наблюдения 2015 года — дополнительные материалы. Романюк И.И., Моисеева А.В., Семенов Е.А., Якунин И.А., Кудрявцев Д.О. *Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 596-618. Рус.

Представлены результаты измерения магнитного поля и физических параметров для 96 звезд. Наблюдения проводились в 2015 году на Основном звездном спектрографе (ОЗСП) 6-м телескопа БТА. Из анализа спектров циркулярно-поляризованного излучения впервые обнаружено магнитное поле у звезд: HD 653, HD 8855, HD 94603, HD 188101 (KIC 6065699), HD 189160, HD 195464, BD +44° 4130. Систематических ошибок измерений не обнаружено.

24.02-01.421 Активность M-карлика L 98-59 и атмосферные потери его экзопланет. Саванов И.С. *Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 619-624. Рус.

Выполнены исследования активности яркого M-карлика L 98-59, расположенного на расстоянии 10.6 пк от Земли и обладающего мультипланетной системой (одна из планет L 98-59 b является каменной планетой с массой, не превосходящей массу Венеры). Найдено, что уровень хромосферной активности L 98-59 не превышает средней величины, характерной для других холодных карликов с аналогичными величинами показателя цвета ($B-V$). Этот уровень ниже солнечного, средняя величина параметра $\lg R'_{HK}$ для L 98-59 равна -5.297 dex. Сведения о родительской звезде и ее активности были использованы нами при оценке величины оттока вещества из атмосфер пяти планет (в том числе кандидата в планеты 05). Для подсчета потери вещества атмосферами планет (без детального моделирования процессов в системе «звезда—планета») мы применили аппроксимационную формулу, соответствующую модели потери атмосферы с ограничением по энергии. Получены оценки величин потока XUV-фотонов — жесткого ультрафиолетового

и рентгеновского диапазонов — для среднего и высокого уровня активности, а также оценки величин приливного параметра $K_{tide}(\xi)$. Установлены изменения величины параметра M' для пяти планет системы L 98-59 с учетом возможных вариаций уровня активности звезды. Диапазоны изменений параметра M' для планет c—e составляют от $7.6 \cdot 10^6\text{ г с}^{-1}$ до $3.8 \cdot 10^7\text{ г с}^{-1}$ (средний уровень активности) и $1.2\text{--}5.7 \cdot 10^7\text{ г с}^{-1}$ (высокий уровень активности). Для планеты L 98-59 b, аналога Венеры, мы получили следующие оценки: $1.3 \cdot 10^7$ и $2.0 \cdot 10^7\text{ г с}^{-1}$ (для среднего и высокого уровней активности соответственно). Можно предположить, что сравнительно небольшой, несмотря на близость планет к звезде, отток вещества их атмосфер M' обусловлен невысоким потоком XUV-фотонов от звезды вследствие низкого уровня ее активности.

24.02-01.422 Магнитные поля химически пекулярных и родственных им звезд. IX. Основные результаты 2022 года и анализ ближайших перспектив. Романюк И.И. *Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 625-637. Рус.

Приводится обзор работ, опубликованных в 2022 году, и выполненных в области исследования звездного магнетизма. Всего проанализировано 75 статей. Основной интерес исследователей заключен в изучении магнетизма химически пекулярных звезд, активных холодных звезд. Найдено, что для последних наблюдается миграция магнитных пятен и изменение их конфигурации. Представлены проекты спектрографов и спектрополяриметров для новых крупных телескопов.

24.02-01.423 Зависимость продолжительности жизни Солнечных супергранул от поверхностной магнитной активности и вращения. Соумья Г.М., Раджани Г., Панивени У., Срикант Р. *Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 638-646. Рус.

На основе анализа временных рядов фильтрограмм Ca II K проведено исследование продолжительности жизни и масштабов супергранул в активных и спокойных областях хромосферы Солнца, а также их взаимосвязи. Важно отметить, что, в отличие от масштаба супергранул и фрактальной размерности, продолжительность жизни супергранул не проявляет существенной зависимости от солнечной широты. Это говорит о том, что продолжительность жизни ячеек не зависит от дифференциального вращения Солнца и возможного сверхбыстрого вращения супергранул. На основе сравнения распределений двух параметров супергранул была получена функциональная зависимость, которая представляет собой линейную связь между продолжительностью жизни ячейки и ее площадью. Это можно объяснить, предполагая, что эволюция супергрануляционной сетки происходит через диффузию магнитного поля. Важным результатом нашего анализа является также установление того факта, что скорость диффузии в спокойных областях хромосферы примерно на 10% больше, чем в активных областях.

24.02-01.424 Эшелле-спектрополяриметр первичного фокуса БТА ESPriF. Коррекция низкочастотных вариаций изображения звезды. Юшкин М.В., Емельянов Э.В., Верич Ю.В., Панчук В.Е. *Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 647-656. Рус.

Сообщается о разработке корректора низкочастотных вариаций изображения звезды на входе ESPriF — эшелле-спектрополяриметра первичного фокуса БТА. Новые технические решения позволили продлить диапазон рабочих частот до 10 Гц для звезд ярче 13^m .

24.02-01.425 Помехоустойчивый радиометр дециметрового диапазона для радиотелескопа РАТАН-600. Рипак А.М., Богод В.М., Гренков С.А., Лебедев М.К. *Астрофизический бюллетень.* 2023. 78, № 4, с. 657-669. Рус.

Разработка методов устранения влияния помех становится принципиальным вызовом для любых радиоастрономических исследований. В настоящей работе мы сообщаем о разработке и создании нового спектрометра, предназначенного для наблюдений за Солнцем на радиотелескопе РАТАН-600, способного исключать радиопомехи с использованием статистического алгоритма, основанного на оценке спектрального куртозиса. Описывается конструкция аналогового внешнего интерфейса и работа системы цифровой обработки сигналов на базе ПЛИС. До-

стигнутое максимальное спектральное разрешение составляет 122 кГц в полосе частот 1.0—3.0 ГГц. Выходной спектр имеет от 64 до 8192 элементов разрешения по частоте в зависимости от требований наблюдателя, скорость вывода составляет до 120 спектров в секунду. Результаты испытаний и первых наблюдений за Солнцем показывают, что используемый метод может успешно обнаруживать и подавлять помехи от большинства локальных источников радиопомех.

24.02-01.426 Теория струн. Прейгерман Л. Ученые записки. Независимая академия развития наук Израиля. 2023. 15, № 2, с. 54-68. Рус.

К концу XIX столетия практически завершилась разработка физической теории, которая впоследствии была названа классической. Тогда казалось, что классическая физика ответила на все вопросы. Но уже в начале нового века с проникновением физики в глубь материи и в дали космоса возникли проблемы, которые не имели решения в классической физике. Поэтому ей на смену пришла квантовая физика микромира. В настоящее время в квантовой физике, опирающейся на стандартную модель, сложная ситуация в двух случаях — в сингулярности черных дыр и начальной Вселенной. В частности, в этих случаях общая теория относительности не стыкуется со стандартной моделью. С целью устранения этой нестыковки предложено много новых физических теорий, среди которых теория струн оказалась наиболее удачной. Ключевые слова. Струны, суперструны, суперсимметрия, браны, пространство—время, размерность пространства, резонаторы, теория всего, стандартная модель.

24.02-01.427 Об одном из механизмов, формирующих поверхностный рельеф выпадающих метеорных тел. Андрущенко В.А., Головешкин В.А., Сызранова Н.Г. Теплофизика высоких температур. 2020. 58, № 1, с. 135-140. Рус.

С применением ряда упрощающих предположений построена физико-математическая модель, позволившая описать процессы формирования поверхностного рельефа метеороидов, проникнувших в атмосферу Земли и выпавших затем на нее в виде метеоритов. Объяснен тот факт, что при учете воздействия неоднородного температурного поля, инициированного в приповерхностном слое падающих метеороидов различными физическими факторами, возникшие деформации и напряжения формируют их внешний скульптурный рельеф. Он или гладкий, как бы отшлифованный при быстром вращении метеороида, или представляющий собой структурное образование, покрытое сетью каверн разных размеров и глубин — регмаглиптов, в отсутствие вращения.

24.02-01.428 Моделирование тепловых нагрузок на поверхность космического аппарата в имитаторе с сетчатыми модулями. Колесников А.В., Палешкин А.В., Пронина П.Ф., Шеметова Е.В. Теплофизика высоких температур. 2022. 60, № 2, с. 242-248. Рус.

Представлены результаты исследований, связанных с проблемой создания инфракрасного имитатора многомодульного типа для моделирования тепловых нагрузок на поверхность космических аппаратов при их тепловакуумной обработке. Показано, что такой имитатор может быть создан с использованием в качестве модулей сетчатых излучателей, применяемых при проведении автономных тепловакуумных испытаний отдельных элементов космического аппарата с преимущественно плоскими внешними поверхностями. При этом возникает задача управления многомодульным имитатором, заключающаяся в необходимости определения такого характера распределения электрической мощности, подводимой к отдельным модулям, при котором расчетные внешние тепловые нагрузки на поверхность испытываемого объекта воспроизводились бы с максимально возможной для рассматриваемой имитационной системы точностью. Данная задача решается как обратная задача теории управления тепловыми процессами. Результаты вычислительных экспериментов свидетельствуют о возможности достижения высокой точности моделирования внешних тепловых нагрузок на космические аппараты с невогнутой формой наружной поверхности.

24.02-01.429 Численное исследование нестандарт-

ных траекторий космических тел, вторгнувшихся в атмосферу Земли. Сызранова Н.Г., Андрущенко В.А. Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 2, с. 279-284. Рус.

Исследуется взаимодействие метеороидов с атмосферой Земли. На основе физической теории метеоров построена математическая модель траекторий небесных тел, вторгнувшихся в атмосферу Земли. Эта модель рассматривает редко наблюдаемые случаи смены режима нисходящего движения метеорных тел на восходящий с возможным возвращением их обратно в космическое пространство. Определены кинематические условия и физические характеристики, которым должны удовлетворять данные тела для реализации такого их неординарного поведения.

24.02-01.430 Трехмерные вихревые течения в замкнутом объеме и некоторые «аномальные» явления в атмосфере Земли. Синкевич О.А., Зинченко Г.О. Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 3, с. 426-435. Рус.

Исследованы возможности образования и характеристики стационарных сосредоточенных вихрей специального типа $\nabla \times \mathbf{u} = k \mathbf{u}$ применительно к атмосфере Земли. Дано обобщение данного типа вихрей, относящихся к классу течений Громеки—Бельтрами, Н.Е. Жуковского и С.Г. Чефранова, на сферическую систему координат. Построено два типа новых решений задачи о сосредоточенном вихре с двумя и тремя компонентами вектора скорости: 1) центры декартовой и сферической системы координат совпадают; 2) сферический вихрь находится над твердой поверхностью. Найдены распределения векторных полей скоростей и давления в сосредоточенном вихре. Данное решение расширяет ранее изученную авторами задачу о сосредоточенном вихре в цилиндрической системе координат. Проведен анализ влияния толщины сферического слоя на изменение характеристик течения. Обсуждается использование полученных характеристик сосредоточенных вихрей для интерпретации ряда наблюдаемых «аномальных» явлений в атмосфере, типа НЛО, шаровых молний, для объяснения которых часто привлекаются механизмы, лежащие за пределами современной физики.

24.02-01.431 Оценка конвективных тепловых потоков для метеороидных тел в трехмерной постановке. Минюшкин Д.Н., Фролов И.С. Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 4, с. 588-593. Рус.

Предложен модифицированный метод эффективной длины для расчета тепловых потоков в сложных геометриях в трехмерной постановке при движении в атмосфере с высокими скоростями и описана его программная реализация. Метод, с одной стороны, не требует огромных вычислительных затрат для получения результата, а с другой, демонстрирует устойчивую работу в сложных геометриях.

24.02-01.432 Определение плотности ядра Земли на основе уравнений состояния железа и титана при высоких давлениях и температурах. Медведев А.В. Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 6, с. 853-858. Рус.

С применением разработанных ранее уравнений состояния железа и титана рассчитана плотность ядра Земли при массовом содержании титана в смеси с железом ~20%. Это значение концентрации принято по данным для высокотитанистых НТ-базальтов, образование которых в крупных изверженных (магматических) провинциях гипотетически связано со всплытием в мантии от ядра к поверхности тепловых плюмов. Расчетные зависимости плотности во внешнем жидком и внутреннем твердом ядре удовлетворительно согласуются с данными геофизической модели PREM.

24.02-01.433 Течения излучающего газа в условиях входа в атмосферы планет. Гулард Р., Бугнер Р.Е., Бернс Р.К., Нелсон Г.Ф. Теплофизика высоких температур. 1969. 7, № 3, с. 542-565. Рус.

Достижения последних лет в области космических исследований существенно пополнили наши знания о планетах. Автоматические научно-исследовательские станции совершили полеты вокруг Марса, Венеры, Луны и сделали посадку на двух последних планетах. В то же время большое внимание было уделено перспективному планированию последующих полетов.

Сред и многих других проблем пристальное внимание вызвал вопрос обеспечения надежной теплозащиты зонд о в во время их вход а в атмосферу планет.

24.02-01.434 Особенности разработки и использования аппаратуры для проведения космических экспериментов в ВУФ-диапазоне спектра. Кузин С.В., Богачев С.А., Кириченко А.С., Перцов А.А. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2023, № 12, с. 31-38. Рус.

Рассмотрены особенности разработки и эксплуатации космической аппаратуры для регистрации излучения и изображений в вакуумном ультрафиолетовом диапазоне спектра. Основными факторами, влияющими на работоспособность аппаратуры в этом диапазоне в условиях космического пространства, являются контаминация, температурный режим, перепад давления, акустические и механические нагрузки на этапе выведения, невесомость, радиационные нагрузки. Эти факторы зачастую связаны между собой и действуют комплексно. Проведен анализ влияния этих факторов на эксплуатационные характеристики аппаратуры и возможностей его снижения.

24.02-01.435 Компактные сгустки темной материи вблизи поверхности Солнца. Покровский Ю.Е. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 1, с. 204. Рус.

The solar surface oscillations observed at the Crimean Astrophysical Observatory (CrAO) at the frequency of 104.1890 μ Hz and at the Solar and Heliospheric Observatory (SoHO) at 220.72 Hz are considered as a result of existence of Compact Clumps of Dark Matter (CCDM) at orbits near the solar surface. These CCDM have to emit Gravitational Waves (GW) which are estimated to be the most intensive ones expected in the vicinity of the Earth and can be easily detected in the near future by means of the Evolved Laser Interferometer Space Antenna (eLISA). In addition to CCDM_{CrAO} and CCDM_{SoHO}, some other CCDM may exist in the solar structure. It is shown that GW radiated by most of these CCDM could be detected by eLISA even if the respective solar surface oscillations are too small to be observed.

24.02-01.436 Нейтринная астрономия высоких энергий: где мы находимся, куда мы движемся? Шпиринг К. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 4, с. 882. Рус.

Эксперимент IceCube открыл новое окно для наблюдения Вселенной, обнаружив диффузный поток астрофизических нейтрино (нейтрино космического происхождения) в энергетическом диапазоне ТэВ-ПэВ. Однако открытие до сих пор не повлияло на представления о космосе, так как наблюдаемый поток не имеет явной ассоциации ни с одним из известных классов источников. В настоящей статье описан путь экспериментальных исследований от эксперимента NT-200 на Байкале до IceCube на Южном полюсе и представлен обзор последних астрофизических результатов IceCube. Наконец, дано описание проектов по созданию детекторов еще большего объема: GVD в озере Байкал, KM3NeT в Средиземном море и IceCube-Gen2 на Южном полюсе. Эти детекторы позволят более детально исследовать карту неба в диапазоне нейтрино высоких энергий.

24.02-01.437 Третьичное квантование и возникновение квазиклассической волновой функции Вселенной. Иванов П.Б., Чернов С.В. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 4, с. 896-906. Рус.

Изучаются квантованные решения уравнения Уилера—де Витта, описывающие замкнутый мир Фридмана—Робертсона—Уокера с Δ -членом и набором безмассовых скалярных полей. We study quantized solutions of the Wheeler—DeWitt equation describing a closed Friedmann—Robertson—Walker universe with a Δ term and a set of massless scalar fields. We show that when $\Lambda \ll 1$ in the natural units and the standard in-vacuum state is considered, wave function of the Universe, Π , behaves as a random quasi-classical field at sufficiently large values of a . It is realized when $1 \ll a \exp(2/3\Lambda)$.

24.02-01.438 Изучение параметра массы Ландау расширенной сигма-модели для вещества нейтронной звезды. Альварес-Кастильо Д., Айриян А., Габор В.Г.,

Посфэ П. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2020. 51, № 4, с. 843. Рус.

Представлены результаты байесовского анализа массы Ландау в рамках расширенной σ - ω -модели для вещества нейтронной звезды, проведенного с учетом измерения массы объекта PSR 0740+6620 и оценки приливной деформируемости по GW170817 и массы радиуса PSR J0030+0451 по данным NICER. С использованием массы Ландау в качестве свободного параметра теории была проверена предсказательная сила астрофизических ограничений для определения наилучшего значения этого ядерного параметра в рамках байесовского метода.

24.02-01.439 Безмассовые космические струны в пространствах с глобальными параболическими изометриями. Фурсаев Д.В. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2020. 51, № 4, с. 854. Рус.

Вводится класс искривленных пространств лоренцевой сигнатуры с глобальными параболическими изометриями (ГПИ). Данные изометрии имеют фиксированные точки, расположенные на 2-мерных нулевых поверхностях, которые можно интерпретировать как мировые поверхности безмассовых космических струн. Эффект обратного воздействия струн на геометрию в таких пространствах описывается точно в терминах нетривиальной голономии на мировой поверхности. Показано, что пространства с ГПИ относятся к типу N по классификации Петрова. Описывается ряд характерных особенностей данных пространств, включая свойства горизонтов Киллинга, связанных с ГПИ. В качестве примера рассматриваются кольцевые космические струны во вселенной де Ситтера, в которой метрика может быть представлена в новых координатах с началом на мировом листе струны.

24.02-01.440 Однопетлевая гравитация и квантовые скачки в окрестности черных дыр. Нурмагамбетов А.Ю. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2020. 51, № 4, с. 855-864. Рус.

Рассматривается нестационарное обобщение решений квантово-расширенной (однопетлевой общей теории относительности) системы уравнений Эйнштейна-Максвелла с комплексным скалярным полем. Важными представителями решений такого типа являются нестационарные вращающиеся черные дыры, расположенные внутри активных галактических ядер. Получено выражение для локальной плотности энергии свободнопадающего наблюдателя, и показано наличие скачка данной величины на горизонте событий черной дыры до транспланковских энергий. Таким образом, найден аналог фэйрвола, отвечающего, с одной стороны, за генерацию потоков космических лучей ультравысокой энергии из активных галактических ядер, а с другой стороны, призванного разрешить парадокс Хокинга в физике черных дыр.

24.02-01.441 Метод суперпотенциала для космологических моделей $F(R)$ гравитации. Вернов С.Ю., Иванов В.Р., Поздеева Е.О. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2020. 51, № 4, с. 865-876. Рус.

Модели $F(R)$ -гравитации с точными частными решениями строятся с помощью конформного преобразования и метода суперпотенциала для соответствующих моделей в формулировке Эйнштейна. Функции $F(R)$ получаются в явном виде. Подробно рассматриваются точные решения для полученной модели R^2 -гравитации с космологической постоянной.

24.02-01.442 Тесты теорий гравитации с использованием наблюдений галактического центра и центра галактики M87. Захаров А.Ф. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2020. 51, № 4, с. 877-889. Рус.

В октябре 2019 г. Нобелевская премия по физике была присуждена за прояснение «оснований нашего современного понимания истории Вселенной от Большого взрыва до наших дней», в частности, половина премии вручена Дж. Пиблсу за его работы по физической космологии, половина премии поделена между М. Майором и Д. Кело за открытие первой экзопланеты вблизи звезды солнечного типа. Фактически это означает также признание важности работ в области гравитации, астрофизики и космологии. Обсуждается применение астрономических наблюдений Галактического Центра для получения огра-

ничений на гравитационное поле вблизи сверхмассивной черной дыры. Со времен Ньютона известно, что гравитационный потенциал можно оценить с помощью анализа движения пробных частиц в этом поле. В настоящее время имеются два основных метода наблюдения для исследования гравитационного потенциала в Галактическом Центре и доказательства наличия там сверхмассивной черной дыры, а именно: мониторинг орбит ярких звезд вблизи Галактического Центра с использованием самых больших телескопов с адаптивной оптикой и измерение размера и формы теней вокруг черной дыры, что дает альтернативную возможность оценить параметры черной дыры с помощью телескопа горизонта событий. В апреле 2019 г. коллаборация «Телескоп горизонта событий» (The Event Horizon Telescope) сообщила о восстановлении ярких структур в окрестности сверхмассивной черной дыры в центре галактики M87. В наших работах обсуждались возможности проверки теорий гравитации с использованием наблюдений ярких звезд в центре Галактики. Недавно коллаборация LIGO-Virgo не только обнаружила гравитационные волны и двойные черные дыры, но и определила верхний предел массы гравитона: $m_g < 1,2 \cdot 10^{-22}$ эВ. Показано, что анализ траекторий ярких звезд может с сопоставимой точностью ограничивать массу гравитона. Обсуждаются возможности как значительного улучшения текущих оценок массы гравитона с использованием в последующем наблюдений ярких звезд телескопами Keck, VLT, GRAVITY, E-ELT и TMT, так и достижения оценки массы гравитона: $m_g < 5 \cdot 10^{-23}$ эВ. Также обсуждаются недавние результаты коллабораций GRAVITY и Keck по оценке гравитационного красного смещения спектра звезды S2 вблизи прохода перигея ее орбиты. Эти данные подтвердили предсказания общей теории относительности для Галактического Центра. Поэтому такой анализ позволяет использовать наблюдения ярких звезд вблизи Галактического Центра как полезный метод получения ограничений на параметры закона гравитации, в частности, для проверки общей теории относительности. Показано, что в будущем оценки массы гравитона, определяемые с помощью анализа свойств траекторий ярких звезд, будут лучше имеющихся в настоящее время ограничений, полученных из данных наблюдений гравитационно-волновых сигналов с использованием интерферометров LIGO-Virgo. Как показано в работе, аналогично можно получать ограничения на приливной заряд для черной дыры. Анализ размера теней вокруг сверхмассивной черной дыры в Галактическом Центре (или/и в центре галактики M87), наблюдаемых с помощью телескопа горизонта событий, также ограничивает параметры различных альтернативных теорий гравитации.

24.02-01.443 Оценка доз для астронавтов внутри обитаемого модуля космического корабля в глубоком космосе. Тимошенко Г.Н., Гордеев И.С. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2020. 51, № 5, с. 1165. Рус.

Выполнены оценки мощности дозы для астронавтов внутри обитаемого модуля диаметром 6 м и длиной 12 м с оболочкой из алюминия толщиной 15 г/см^2 в космическом корабле во время полетов в глубоком космосе при минимуме и максимуме солнечной активности. Оценки получены на основе расчетов по программе FLUKA спектральных характеристик всех компонентов внутреннего радиационного поля в модуле от протонов, дейтронов, ^3He и ядер с $Z \leq 28$ галактического космического излучения. Для расчета доз были использованы коэффициенты конверсии флюен — эффективная доза для астронавтов (когорты некурящих мужчин в возрасте 30–60 лет).

24.02-01.444 Нейтрино в космологии. Биленький С.М. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2021. 52, № 3, с. 667. Рус.

Нейтрино играют важную роль в эволюции Вселенной. Современные точные космологические данные являются важным источником информации о числе типов нейтрино и сумме масс нейтрино. В этом обзоре мы рассматриваем основы космологии (метрику Фридмана—Робертсона—Уолкера, уравнения Фридмана и их решения, раннюю Вселенную и отщепление нейтрино, нуклеосинтез в теории Большого взрыва и др.). Мы также обсуждаем теории, позволяющие получить информацию о свойствах нейтрино, и приводим последние значения числа типов нейтрино и верхние значения суммы масс нейтрино.

24.02-01.445 Изучение изменения фундаментальных констант в экстремально распределенной обсерватории космических лучей. Альварез К.Д. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 4, с. 902. Рус.

Исследование изменения фундаментальных констант во времени или в локализованных областях космоса является одной из целей экстремально распределенной обсерватории космических лучей (CREDO), которая состоит из множества детекторов, расположенных над Землей. Рассматриваются различные эффекты, которые могут быть потенциально идентифицированы посредством обнаружения космических лучей CREDO.

24.02-01.446 Метод супероператоров в теории нагретых ядер и астрофизические приложения. I. Спектральные характеристики нагретых ядер. Джоисев А.А., Вдовин А.И. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 5, с. 1007-1110. Рус.

Метод супероператоров в пространстве Лиувилля применен к изучению спектральных характеристик нагретых ядер. Показано, что при подходящем определении фермионных супероператоров метод уравнения движения может быть обобщен на случай нагретых ядер. С помощью метода супероператоров для модели ядра с сепарабельным остаточным частично-дырочным взаимодействием в форме Ландау—Мигдала получены уравнения теплоквазичастичного приближения случайных фаз, позволяющие рассчитывать спектральные плотности и силовые функции зарядово-обменных и зарядово-нейтральных возбуждений нагретых ядер термодинамически последовательным образом, т. е. без нарушения принципа детального баланса. Для квазичастично-фононной модели ядра предложен термодинамически последовательный способ выхода за рамки приближения случайных фаз путем учета взаимодействия теплового фононов. С использованием метода Доннелли—Валечки и супероператорного подхода получены выражения для сечений полуплеотонных слабых реакций с нагретыми ядрами.

24.02-01.447 Метод супероператоров в теории нагретых ядер и астрофизические приложения. II. Захват электронов в звездах. Джоисев А.А., Вдовин А.И. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 5, с. 1111-1218. Рус.

Захват электронов на ядрах оказывает существенное влияние на динамику коллапса кора массивной звезды, ведущего к взрыву сверхновой. Предложен новый термодинамически последовательный способ расчета скоростей и сечений e^- -захвата нагретыми ядрами внутри звезд. Метод основан на к квазичастичном приближении случайных фаз, обобщенном на случай ненулевой температуры с помощью формализма супероператоров. На примере $^{54,56}\text{Fe}$ показано, что термодинамически последовательный учет тепловых эффектов приводит к более сильной температурной зависимости скоростей и сечений e^- -захвата ядрами группы железа, чем предсказывают расчеты на основе модели оболочек. Для нейтронно-избыточных ядер вблизи $N=50$ рассмотрено совместное влияние тепловых эффектов и парных корреляций на разблокировку гамов-теллеровских переходов $p \rightarrow n$. Показано, что именно тепловые эффекты приводят к разблокировке низкоэнергетических переходов. Благодаря этому, а также вкладу запрещенных переходов захват электронов не прекращается на ядрах с $N=50$.

24.02-01.448 Метод супероператоров в теории нагретых ядер и астрофизические приложения. III. Нейтрино-ядерные реакции в звездах. Джоисев А.А., Вдовин А.И. Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 6, с. 1281-1338. Рус.

Изучено влияние тепловых эффектов на нейтрино-ядерные реакции, происходящие в условиях сверхновой. Используемый подход основан на квазичастичном приближении случайных фаз, обобщенном на случай конечных температур с помощью метода супероператоров. На примере ядер ^{56}Fe и ^{82}Ge проведен детальный анализ влияния тепловых эффектов на силовые функции гамов-теллеровских переходов, которые доминируют в низкоэнергетических зарядово-нейтральных и зарядово-обменных реакциях. Рассчитаны сечения неупругого рассеяния и захвата нейтрино нагретыми ядрами, и проведено сравнение с результатами модели оболочек. Рассмотрено влияние тепло-

вых эффектов на спектр рассеянных нейтрино и на процесс обмена энергией между нейтринным излучением и ядрами. Рассчитаны скорости потери энергии в процессе излучения пары нейтрино-антинейтрино при деэвозбуждении нагретых ядер.

24.02-01.449 О слиянии первичных двойных черных дыр в данных LIGO-Virgo-KAGRA data. *Постнов К.А., Митичкин Н.А. Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2023. 54, № 5, с. 1109. Рус.

Кратко обсуждаются возможные космологические последствия наблюдаемых слияний двойных черных дыр, обнаруженных коллаборацией LIGO-Virgo-KAGRA (LVK) (каталог GWTC-3), для формирования первичных черных дыр (ПЧД) в ранней Вселенной. Показано, что распределение чирп-масс двойных черных дыр LVK может описываться двумя различными и почти равными по численности популяциями: 1) астрофизическим слиянием ЧД+ЧД, образовавшихся в современной Вселенной в результате эволюции массивных двойных систем; 2) слиянием двойных ПЧД с начальным логнормальным спектром масс. При этом центральная масса ПЧД ($M_c \approx 30 M_\odot$) и ширина логнормального распределения, полученные в результате анализа наблюдаемых чирп-масс сливающихся источников LVK, практически нечувствительны к предполагаемой модели образования двойных ПЧД в ранней Вселенной. Чтобы соответствовать наблюдаемому темпу слияния двойных ЧД, доля ПЧД в плотности холодной темной материи должна составлять $f_{pbh} \sim 10^{-3}$, но может быть и выше, если учитывать кластеризацию ПЧД.

24.02-01.450 Траектории ярких звезд и теней сверхмассивных черных дыр как проверка теорий гравитации. *Загаров А.Ф. Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2023. 54, № 5, с. 1110-1111. Рус.

Общая теория относительности (ОТО), созданная более века назад, прошла проверку в различных экспериментальных и наблюдательных тестах. На ранней стадии своего развития предсказания ОТО проверялись в задачах, где гравитационное поле слабое и релятивистские поправки можно рассматривать как малые возмущения ньютоновской теории гравитации. Однако в последние годы в связи с развитием новых технологий оказалось возможно проверить предсказания ОТО в пределе сильного гравитационного поля, как это было сделано с проверкой предсказаний о профиле рентгеновской линии железа K_α , оценок гравитационного волнового сигнала при слиянии двойных черных дыр и/или нейтронных звезд и при восстановлении теней черных дыр в Sgr A* и M87*. Группы астрономов с помощью телескопов Keck и VLT (GRAVITY) подтвердили предсказания ОТО в первом постньютоновском приближении для красного смещения спектральных линий звезды S2 вблизи прохождения ее перигея. Ожидается, что в ближайшем будущем наблюдения ярких звезд с помощью больших телескопов VLT (GRAVITY), Keck, E-ELT и TMT позволят проверить предсказания ОТО в сильном гравитационном поле сверхмассивных черных дыр. Наблюдения ярких звезд в окрестностях Галактического центра и реконструкции теней черных дыр позволяют не только проверить предсказания ОТО, но и получить ограничения на альтернативные теории гравитации.

24.02-01.451 Физика и космология вне рамок стандартных моделей. *Хлопов М.Ю. Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2023. 54, № 5, с. 1112. Рус.

Современная космология обретает свои физические основания вне рамок стандартных моделей (BSM) фундаментальных взаимодействий с привлечением для описания структуры и эволюции Вселенной механизмов инфляции и бариосинтеза, а также гипотетических кандидатов на роль частиц скрытой массы. В то же время любая последовательная реализация инфляционных космологических моделей с бариосинтезом и скрытой массой на основе физических моделей BSM неизбежно содержит модельно-зависимые предсказания, выходящие за рамки космологической Стандартной модели. При этом подтверждение существования таких экзотических объектов и явлений, как темные атомы, первичные черные дыры или макроскопические объекты антивещества, в нашей Галактике может обеспечить как выбор моделей BSM, так и определение их допустимых параметров. Космомикрофизический подход к исследованию

фундаментальной взаимосвязи микро- и макромира в комплексном сочетании ее физических, астрофизических и космологических проявлений способствует изучению как физики BSM, так и основанной на ней картины структуры и эволюции Вселенной.

24.02-01.452 Поиск легкой темной материи на ускорителях. эксперимент NA64. *Красников Н.В. Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2023. 54, № 5, с. 1113. Рус.

Представлен обзор по поиску легкой темной материи на ускорителях, включая эксперимент NA64. Обсуждается феноменология, связанная с поиском легкой темной материи и темного фотона на ускорителях. Приведены основные экспериментальные ускорительные ограничения на модели легкой темной материи.

24.02-01.453 Учебник по унимодулярной гравитации. *Алварез Е., Веласко-Айа Е. Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2023. 54, № 5, с. 1114. Рус.

Представлено базовое введение в унимодулярную гравитацию как на классическом, так и на квантовом уровне. Обсуждается роль, которую она может сыграть в интерпретации проблемы космологической постоянной. Задачи этой работы находятся в рамках базового уровня, но также представлены методы, используемые на исследовательском уровне. Цель состоит в том, чтобы проявить у читателя интерес к унимодулярной гравитации на основе доступной современной литературы по этой теме.

24.02-01.454 От однородных и изотропных вселенных к мирам на бранах с динамически-натянутыми струнами. *Гуенделман Е.М. Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2023. 54, № 5, с. 1115-1116. Рус.

Изучаются космологические решения в контексте модифицированной формулировки меры теории струн, когда натяжение струны является динамической переменной и дополнительной динамической степенью свободы, а ее значение генерируется динамически. В этом случае натяжения не являются универсальными, каждая струна создает свое собственное натяжение, которое имеет свое значение для каждого из мировых листов струн, а в ансамбле струн значения натяжения могут иметь определенную дисперсию. Рассматривается новое фоновое поле, которое может связываться с этими струнами, — «скаляр натяжения», который способен локально меняться вдоль мирового листа, и тогда, соответственно, меняется значение натяжения струны. Когда рассматривается множество типов струн, исследующих одну и ту же область пространства, этот скаляр натяжения ограничивается требованием квантовой конформной инвариантности. Для случая двух типов струн, зондирующих одну и ту же область пространства с разным динамически генерируемым натяжением, существуют две разные метрики, связанные с разными струнами. Каждая из этих метрик должна удовлетворять вакуумным уравнениям Эйнштейна, и согласованность этих двух уравнений определяет скаляр натяжения. Универсальная метрика, общая для обеих струн, в общем случае не удовлетворяет уравнению Эйнштейна. Рассматриваются две метрики, зависящие от струн — это плоское пространство в пространстве Минковского и пространство Минковского после специального конформного преобразования. Исследуется предел, при котором натяжение двух струн одинаково, и это приводит к четко определенному решению. Если разность натяжения между двумя типами струн очень мала, но конечна, то приблизительно однородное и изотропное космологическое решение сохраняется в течение долгого времени, обратно пропорционального разности натяжений струн, а затем однородность и изотропность космологии исчезает, и решение превращается в расширяющийся мир браны, где струны заключены между двумя расширяющимися пузырями, разделенными очень небольшим расстоянием на больших временах.

24.02-01.455 Бигравитация и ее особенности. *Соловьев В.О. Физика элементарных частиц и атомного ядра.* 2023. 54, № 5, с. 1117. Рус.

Загадки темной энергии и темной материи породили много новых вариантов теории гравитации. Все они, безусловно, должны удовлетворять принципу соответствия по отношению к общей теории относительности (ОТО), которая не про-

тиворечит всем до сих пор известным тестам. Бигравитация является одной из модификаций ОТО, сохраняющей лоренц-инвариантность.

24.02-01.456 Пятьдесят лет исследования поведения интенсивности ГКЛ в периоды инверсии гелиосферного магнитного поля. I. Наблюдаемые эффекты. *Крайнев М.Б., Базилевская Г.А., Калинин М.С., Михайлов В.В., Свирижевская А.К., Свирижевский Н.С. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 5–20. Рус.*

Впервые эффекты 22-летней цикличности солнечных магнитных полей в интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) были замечены группой ФИАН в 1973 г. и интерпретированы как проявления инверсии высокоширотного магнитного поля Солнца в свойствах гелиосферных магнитных полей. С тех пор эти эффекты исследуются уже в течение пятидесяти лет. Для периодов средней и низкой пятенной активности ситуация с гелиосферным магнитным полем (ГМП) понятна: гелиосфера состоит из двух униполярных «полушарий», разделенных волнистым глобальным гелиосферным токовым слоем и характеризующихся общей полярностью А (единичная величина со знаком радиальной компоненты поля в северном полушарии). Однако нет единого мнения, в чем заключается инверсия ГМП и какие явления в ГКЛ с ней связаны. В статье кратко формулируются общие представления о 22-летней цикличности в характеристиках Солнца, гелиосферы и ГКЛ и обсуждаются наблюдаемые эффекты в интенсивности ГКЛ, связываемые нами с инверсией ГМП. Модели этого явления, а также результаты расчетов интенсивности ГКЛ, использующих эти модели, будут обсуждаться в следующей статье.

24.02-01.457 Яркие ультрафиолетовые узлы как возможные источники когерентного микроволнового излучения. *Мещалкина Н.С., Алтынцев А.Т. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 21–29. Рус.*

Особенностью события 6 сентября 2012 г. явилось то, что источники узкополосных (2–4 ГГц) субсекундных импульсов (ССИ) наблюдались в небольших областях вспышечных петель с так называемыми яркими ультрафиолетовыми узлами, которые характеризовались высокой плотностью плазмы до 10^{11} см^{-3} . Временные профили жесткого рентгеновского излучения вспышки хотя и подобны микроволновым кривым блеска, но не имеют структур, соответствующих ССИ. Анализ микроволновых, рентгеновских и ультрафиолетовых данных показал, что наблюдаемые импульсы микроволнового излучения с узкой спектральной полосой имеют когерентную природу и генерируются электронами с энергиями нескольких десятков килоэлектронвольт в ярких узлах на частоте около удвоенной плазменной. Результаты наблюдений свидетельствуют, что появление ярких узлов связано с локальными процессами энерговыделения при взаимодействии вспышечных петель.

24.02-01.458 Активные долготы и структура крупномасштабного магнитного поля в минимуме солнечной активности. *Григорьев В.М., Ермакова Л.В. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 30–37. Рус.*

По данным каталогов групп солнечных пятен RGO и USAF/NOAA рассмотрены глубокие минимумы 11-летних циклов солнечной активности 13–14, 14–15, 22–23, 23–24, 24–25. Все они имеют большое количество беспятенных дней. Несмотря на это, активные долготы как предпочтительные зоны, где возникают солнечные пятна, проявляются на этой стадии цикла. Анализ синоптических карт и отдельных ежедневных магнитограмм WSO (Wilcox Solar Observatory), отражающих структуру слабого крупномасштабного поля, обнаруживает неосимметричную компоненту магнитного поля Солнца. В минимуме активности в структуре крупномасштабного магнитного поля наблюдаются вытянутые вдоль меридиана области положительной и отрицательной полярностей, пересекающие экватор. Наиболее заметные из них находятся в зоне активных долгот и часто связаны с полярными магнитными полями. Обсуждается возможная природа меридиональных структур крупномасштабного поля в период минимума активности. Возможно, это связано с гигантскими ячейками конвекции, имеющими структуру банановых ячеек.

24.02-01.459 Солнечные вспышки с продолжитель-

ным гамма-излучением и характеристики потоков протонов высоких энергий. *Томозов В.М., Минасянц Г.С., Минасянц Т.М. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 38–43. Рус.*

Описаны характеристики потоков продолжительного гамма-излучения с энергиями квантов $>100 \text{ МэВ}$, полученные по данным космического аппарата Fermi/LAT, на импульсной фазе наиболее энергичных вспышечных явлений. Проведено сравнение данных GOES о потоках протонов с энергиями более 500 МэВ с данными Fermi/LAT о потоках гамма-излучения за 2010–2018 гг. По результатам анализа данных о 32 гамма-вспышках из каталога Fermi/LAT было показано, что вспышечные явления можно отнести к трем различным типам: тип 1 — потоки гамма-излучения сопровождаются потоками энергичных протонов; тип 2 — гамма-излучение регистрируется при отсутствии возрастных потоков протонов; тип 3 — во время возрастных потоков энергичных протонов не регистрируются гамма-потоки. Отмечен всплесковый характер выделения энергии в жестком рентгеновском диапазоне у некоторых вспышек.

24.02-01.460 Динамика мелкомасштабных магнитных полей перед малыми и крупными солнечными вспышками. *Боровик А.В., Жданов А.А. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 44–53. Рус.*

По данным наблюдений SDO (Solar Dynamics Observatory) исследовалась динамика продольного магнитного поля активной области (АО) NOAA 12673. За время прохождения АО по диску Солнца пятна и фоновые поля в ней показывали сложные траектории движения, при этом наблюдалось образование многочисленных короткоживущих локальных мелкомасштабных линий раздела полярностей (ЛЛРП), которые формировались при появлении в АО новых магнитных потоков и их сближении с полями противоположной полярности. Протяженность таких ЛЛРП составляла менее 15000 км (~ 20 угл. сек), время существования — несколько часов. Исследование вспышечной активности NOAA 12673 показало, что вспышки малой мощности (оптический класс S, площадь ~ 2 кв. град) обычно происходят вблизи ЛЛРП. Перед малыми вспышками, а также перед крупной вспышкой 06.09.2017 (оптический балл 3В, рентгеновский класс X9.3) на ограниченных участках локальных и главной ЛЛРП АО наблюдались сдвиговые напряжения магнитного поля и рост $\text{grad}H$: в области вспышек малой мощности — до значений $1.3\text{--}1.5 \text{ Гс/км}$, в области крупной вспышки — $3\text{--}3.5 \text{ Гс/км}$. Полученные результаты свидетельствуют о том, что перед малыми и крупными вспышками продольное магнитное поле ведет себя аналогичным образом.

24.02-01.461 Корреляционный анализ абсолютных измерений солнечного потока на частотах 161 и 245 МГц. *Сетов А.Г., Кушарев Д.С. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 54–62. Рус.*

Излучение Солнца в метровом диапазоне длин волн происходит из верхних слоев солнечной короны. В статье представлены абсолютные измерения солнечного потока, проводимые на Иркутском радаре некогерентного рассеяния (частота 161 МГц) и в обсерватории Learmonth (частота 245 МГц). Проведен корреляционный анализ данных с целью выявления взаимосвязей между солнечными потоками на разных частотах. Фоновое излучение спокойного Солнца оказалось в ожидаемых рамках. Рассмотрено поведение фоновой и медленно меняющейся компоненты излучения в солнечном цикле. Сопоставление коэффициента корреляции Пирсона и рангового коэффициента корреляции Спирмана показало нелинейный характер зависимости между потоком в метровом диапазоне и индексом F10.7. Корреляция между измерениями солнечного потока на частотах 161 и 245 МГц оказалась ниже, чем корреляция с индексом F10.7. Анализ внутрисуточной корреляции и автокорреляции показал наличие суточного хода, вносящего погрешность в измерения.

24.02-01.462 Параметры солнечного ветра на фазе роста 25-го солнечного цикла: сходства и различия с 23-м и 24-м солнечными циклами. *Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Хохлачев А.А., Ермолаев М.Ю., Рязанцева М.О., Разманова Л.С., Бородкова Н.Л., Сапунова О.В., Москалева А.В. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 63–70. Рус.*

Солнечная активность и параметры солнечного ветра существенно снизились в 23–24-м солнечных циклах (СЦ) по сравнению с СЦ 21–22. В данной работе мы анализируем измерения солнечного ветра на фазе роста СЦ 25 и сравниваем их с аналогичными данными в предыдущих циклах. Для этого данные базы OMNI за 1976–2022 гг. были селективированы как по фазам 11-летних солнечных циклов, так и по крупномасштабным типам солнечного ветра (по каталогу [http://www.iki.rssi.ru/pub/omni]) и мы рассчитали средние значения параметров плазмы и магнитного поля для сформированных наборов данных. Полученные результаты свидетельствуют в пользу гипотезы о том, что продолжение этого цикла будет аналогично соответствующим фазам предыдущего цикла 24, т. е. СЦ 25 будет слабее, чем СЦ 21 и 22.

24.02-01.463 Основные статистические свойства излучения типа гектометровый континуум в околоземном пространстве. *Дорофеев Д.А., Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 71-79. Рус.*

Исследуется недавно обнаруженное гектометровое континуум-излучение в околоземной плазме. С использованием данных спутника ERG (Arase) проведен подробный статистический анализ возникновения гектометрового континуума вблизи Земли на расстояниях 1.1–2 радиуса Земли за двухлетний период. Установлена зависимость генерации гектометрового излучения от местного магнитного времени. Показано, что данный тип континуум-излучения возникает в основном в ночное и утреннее время. Исследована зависимость возникновения гектометрового излучения от геомагнитной активности, и продемонстрировано, что нет прямой зависимости возникновения гектометрового излучения от геомагнитных возмущений. Кроме того, статистический анализ позволил выявить локализацию источника (источников) такого типа радиоизлучения в околоземном пространстве и показать, что источник (источники) гектометрового континуум-излучения расположен на низких широтах.

24.02-01.464 Распределение поляризации поперечных УНЧ-волн по данным Van Allen Probe A: существуют ли отдельно тороидальные и полоидальные волны в магнитосфере? *Якимчук А.И., Рубцов А.В., Климушкин Д.Ю. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 80-85. Рус.*

Ультранизкочастотные (УНЧ) волны играют важную роль в переносе энергии внутри магнитосферы Земли за счет активного взаимодействия с окружающей плазмой. Предыдущие работы предполагали, что эти волны строго делятся по поляризации на тороидальные, когда магнитное поле осциллирует в азимутальном направлении, и полоидальные, когда оно осциллирует в радиальном направлении. Было определено, что первые являются азимутально-крупномасштабными и возбуждаются внешними источниками, а вторые — мелкомасштабными и генерируются внутренними неустойчивостями плазмы. Последние наблюдения показывают, что часто встречаются волны смешанной поляризации, однако природа этого смешения пока не объяснялась. В данной работе мы провели статистическое исследование и показали, что поляризация поперечных волн имеет нормальное распределение, а максимум соответствует колебаниям тороидальной и полоидальной составляющих с одинаковой амплитудой. Пространственные распределения тороидальных и полоидальных волн хотя и различаются заметно, но это различие приводит лишь к небольшому смещению положения максимума распределения. Этот результат показывает, что для сопоставления теории с наблюдениями УНЧ-волн необходимо учитывать процессы изменения поляризации, которые могут повлиять на взаимодействие волн с заряженными частицами магнитосферы.

24.02-01.465 Изолированные суббури по данным магнитных измерений в Тикси в период минимальной солнечной активности. *Ваишев Д.Г., Макаров Г.А. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 86-90. Рус.*

Составлен каталог изолированных суббурь в 2016–2020 гг. на основе данных ст. Тикси о Н-компоненте геомагнитного поля. По данным каталога получено, что в этот период изменения

числа суббурь и числа солнечных пятен хорошо аппроксимируются квадратичными функциями с минимумами в конце 2017 г. и в середине 2019 г. соответственно; в течение года возмущения чаще наблюдались в периоды солнцестояний; в течение суток суббури чаще возникали в полуденные часы по местному времени. Интенсивность и продолжительность суббуревых возмущений и их фазы развития не проявляют заметной зависимости от времени появления, однако по средним в часовых диапазонах значениям этих параметров обнаружено, что интенсивность минимальна около 0–3 MLT и что в полуденном секторе продолжительности возмущений и их фазы развития короче, чем в утреннем секторе. В сравнении с данными, полученными по среднеширотным станциям (Chu X., McPherron R.L., Hsu T.-S., Angelopoulos V. Solar cycle dependence of substorm occurrence and duration: Implications for onset. J. Geophys. Res. 2015. Vol. 120. P. 2808-2818. DOI: 10.1002/2015JA021104), средние продолжительности суббурь и их фазы развития больше.

24.02-01.466 Моделирование КВ-радиоканала на основе волноводного подхода. *Куркин В.И., Ильин Н.В., Пензин М.С., Пономарчук С.Н., Хажинов В.В. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 91-103. Рус.*

Изложен модифицированный метод моделирования КВ-радиоканала на основе волноводного подхода, в рамках которого электромагнитное поле излучения внутри волновода Земля–ионосфера представляется в виде ряда по собственным функциям радиальной краевой задачи с импедансными условиями на земной поверхности и условиями излучения на бесконечности. Приведено представление передаточной функции радиоканала в виде ряда произведений функций Грина углового оператора, коэффициентов возбуждения, коэффициентов приема отдельных нормальных волн. Получено решение краевой задачи определения собственных функций и собственных значений радиального оператора, применимое для частотного диапазона ниже критической частоты F-слоя ионосферы. Рассмотрены алгоритмы расчета дистанционно-частотных, частотноугловых и амплитудных характеристик сигналов на основе анализа и численного суммирования ряда с учетом сильно затухающих нормальных волн.

24.02-01.467 Расчеты фотоотлипания электронов от O^- и O_2^- в области D ионосферы в зависимости от высоты, зенитного угла и активности Солнца. *Козлов С.И., Ляхов А.Н. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 104-107. Рус.*

Представлены результаты расчетов коэффициентов фотоотлипания электронов от ионов O^- и O_2^- в области D ионосферы, основанные на последних измерениях сечений фотоотлипания. Расчеты выполнены для стандартной атмосферы с помощью программного кода TUV (Terrestrial UltraViolet). Получены зависимости коэффициентов фотоотлипания от высоты и зенитного угла Солнца. Нелинейный характер этих зависимостей приведет к аналогичному изменению роли процессов фотоотлипания в зависимости от высоты и солнечного зенитного угла в сравнении с другими процессами в средней атмосфере и нижней ионосфере, в особенности в сумеречных условиях. Вычисления с использованием экспериментальных спектров солнечного излучения за 2011–2020 гг., проведенные для дней зимнего и летнего солнцестояний и весеннего и осеннего равноденствий, не показали количественно значимого различия коэффициентов фотоотлипания от отрицательных ионов O^- и O_2^- в области D ионосферы.

24.02-01.468 Долготная изменчивость ионосферы Северного полушария по данным ионозондов и GPS/ГЛОНАСС. *Черниговская М.А., Ясюкевич А.С., Хабитуев Д.С. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 108–120. Рус.*

Комплексное исследование пространственно-временных вариаций геомагнитных, ионосферных и атмосферных параметров в области средних и высоких широт Северного полушария в период серии магнитных бурь в марте 2012 г. расширено включением в анализ данных вертикального полного электронного содержания (ПЭС) по измерениям на цепях двухчастотных фазовых приемников GPS/ГЛОНАСС. Установленные ранее по данным вертикального зондирования особенности долготных

вариаций ионизации ионосферы над средними широтами Евразии подтверждены данными вертикального ПЭС. Подчеркнута сложная физика длительного магнитовозмущенного периода в марте 2012 г. с переключением между положительным и отрицательными эффектами ионосферной бури на одинаковых фазах магнитной бури для пространственно разнесенных среднеширотных областей восточного полушария. Такие смены эффектов ионосферной бури могли быть связаны с суперпозицией в регионе средних широт восточного полушария конкурирующих процессов из-за изменений состава термосферы, термосферных ветров и крупномасштабных электрических полей, влияющих на ионизацию ионосферы. Отмечены существенные различия в характере реакции ионизации ионосферы восточного и западного полушария на продолжительное геомагнитное возмущение в марте 2012 г. По данным ПЭС на долготах западного полушария в противоположность восточному наблюдался эффект пониженной ионизации ионосферы. Эффект отрицательной ионосферной бури был вызван образованием обширных областей атмосферного газа с пониженным отношением концентраций $[O]/[N_2]$ над регионом средних широт западного полушария в зоне максимального проникновения геомагнитных возмущений из высоких широт на средние. По данным цепей магнитометров сети INTERMAGNET для анализируемого периода магнитных бурь 7–20 марта 2012 г. в регионе средних широт Северного полушария максимальные вариации геомагнитного поля наблюдались именно в западном полушарии.

24.02-01.469 **Онлайн-система для анализа токов в верхней ионосфере по данным спутников Swarm. Белов И.О., Соловьев А.А., Пилипенко В.А., Добровольский М.Н., Богоутдинов Ш.Р., Калинин К.Д. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 121–133. Рус.**

Описана онлайн-система TeslaSwarm (<http://aleph.gcras.ru/teslaswarm>) для визуализации продольных токов в верхней ионосфере по данным низкоорбитальных спутников Swarm. Система дает исследователям простой и удобный инструмент для отбора событий и детального анализа токов и электромагнитных полей в верхней ионосфере. Пользователю предоставляется возможность отбора пролетов спутников над заданным регионом, визуализации структуры геомагнитного поля и токов вдоль силовых линий, сопоставления картины продольных токов с картой высыпания авроральных частиц по модели OVATION-Prime и сохранения выбранных параметров в файле в текстовом формате. Показаны преимущества разработанной системы по сравнению с зарубежными аналогами. На практике сбор и подготовка исходных данных для экспериментов составляет примерно 80% всей работы с данными. Использование предложенной онлайн-системы в значительной степени избавляет пользователя от наиболее трудоемкой работы по выбору интересующих сегментов пролета спутника и расчету характеристик по исходным измерениям.

24.02-01.470 **Влияние магнитного поля и конфигурации среднего течения на пространственную структуру скорости роста нормальных мод. Мордвинов В.И., Девятова Е.В., Томозов В.М. Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4, с. 134–146. Рус.**

В первой части работы представлены результаты численных экспериментов с магнитогидродинамической моделью «мелкой воды» для оценки степени влияния магнитного поля на развитие неустойчивостей, обусловленных комбинацией неоднородностей среднего потока и среднего магнитного поля. Расчеты нормальных мод подтвердили полученный ранее при численном моделировании результат о различном влиянии слабого и сильного магнитных полей на неустойчивость дифференциального вращения. Расчеты показали, что слабое магнитное поле стабилизирует развитие неустойчивостей, сильное усиливает ее. Азимутальные неоднородности дифференциального вращения во всех случаях способствуют развитию неустойчивостей. Во второй части работы рассматривается пространственная структура нормальных мод, делается попытка интерпретации крутильных колебаний, наблюдаемых в атмосферах Земли и Солнца. Как показали расчеты, причиной возникновения регулярных осесимметричных возмущений может быть формирование циклонического вихря над полюсом, характерное для земной атмосферы, и, возможно, для атмосферы Солнца. Форму кру-

тильных колебаний имеет наименее затухающая нормальная мода устойчивого полярного циклона. Аномалии течения, усиление в зимний период антициклонического вихря в умеренных широтах разрушают осесимметричные колебания и приводят к быстрому росту нормальных мод, имеющих в своем спектре сферические гармоники с более высокими степенями и зональными волновыми числами.

24.02-01.471 **Семинар “Новое в понимании эволюции двойных звезд”. Самусь Н.Н. Астрономический журнал. 2023. 100, № 9, с. 737-739. Рус.**

В феврале 2023 г. в Уральском федеральном университете (Екатеринбург, Россия) состоялся семинар “Новое в понимании эволюции двойных звезд”, приуроченный к 90-летию основателя уральской школы исследователей тесных двойных систем профессора Мария Анатольевича Свечникова. На семинаре было представлено 17 научных докладов, объединенных интересом к проблеме эволюции двойных звезд.

24.02-01.472 **Марию Анатольевичу Свечникову посвящается. Полушина Т.С. Астрономический журнал. 2023. 100, № 9, с. 740-747. Рус.**

Статья посвящена памяти и научному наследию Мария Анатольевича Свечникова — выдающегося ученого и педагога, основателя уральской школы исследования тесных двойных звездных систем и автора классификации затменных переменных звезд. В статье приводится краткий обзор главных событий жизни и основных научных достижений М.А. Свечникова. Лучшая память — это продолжение и развитие тех научных направлений, которым он посвятил свою научную деятельность. Исследования, начатые М.А. Свечниковым, получили продолжение в работах его учеников и последователей в Уральском государственном университете, в Челябинском государственном университете, в Читинском государственном университете и др.

24.02-01.473 **Рентгеновская астрономия и тесные двойные звезды. Черепашук А.М. Астрономический журнал. 2023. 100, № 9, с. 748-760. Рус.**

Открытие в 1962 г. компактного источника Sco X-1 — первого рентгеновского источника, расположенного за пределами Солнечной системы, ознаменовало новую (“золотую”) эру в исследованиях тесных двойных систем (ТДС). Были открыты аккрецирующие нейтронные звезды и первые кандидаты в черные дыры в ТДС. Возможность “взвешивать” нейтронные звезды и черные дыры в ТДС позволила отличать аккрецирующие черные дыры от нейтронных звезд. Развилась теория аккреции вещества на релятивистские объекты в ТДС, а также теория эволюции ТДС с обменом масс вплоть до самых поздних стадий, включая двойные черные дыры и нейтронные звезды. Тесные двойные системы стали передним фронтом астрофизики. Последующие гравитационно-волновые наблюдения и наблюдения на межконтинентальном радиоинтерферометре EHT с угловым разрешением $\sim 10^{-5}$ сек позволили окончательно доказать существование черных дыр во Вселенной. Таким образом, современный триумф черных дыр в значительной степени был обеспечен развитием науки о тесных двойных системах.

24.02-01.474 **Роль двойных звезд в понимании физики и эволюции звезд. Тутуков А.В. Астрономический журнал. 2023. 100, № 9, с. 761-771. Рус.**

Разнообразие тесных двойных звезд (ТДЗ) и богатое проявление их активности в результате взаимодействия звездных компонентов превратили их наблюдаемое семейство в очень развитый и эффективный инструмент для исследования эволюции звезд. В данном обзоре представлены основные черты современных представлений об эволюции ТДЗ от их возникновения до образования конечных компактных остатков компонентов: вырожденных карликов, нейтронных звезд и звездных черных дыр. Также перечислены основные явления, связанные с их взаимодействием друг с другом, и сопровождающие процесс слияния компактных компонентов ТДЗ с учетом эффекта общих оболочек, излучения гравитационных волн в катаклизмических и рентгеновских двойных, сверхновых (SN Ia, SN Ib), гамма-барстерах и других системах.

24.02-01.475 **Определение параметров тесных двой-**

ных систем методами синтеза: от белых карликов до звезд Вольфа—Райе и черных дыр. Антохина Э.А., Антохин И.И. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 9, с. 772-784. Рус.

Методы синтеза кривых блеска и кривых лучевых скоростей в настоящее время являются одним из основных инструментов исследования тесных двойных систем (ТДС). В работе дан краткий обзор появления и развития методов синтеза и реализаций этих методов в ГАИШ МГУ, где к настоящему времени создан комплекс компьютерных программ для анализа наблюдений ТДС различных типов. Приведены результаты анализа предложенными нами алгоритмами трех интересных ТДС, находящихся на разных стадиях эволюции. В модели Роша с пятнами на звезде выполнен анализ необычных кривых блеска недавно открытой предкатаклизмической двойной системы GPX-TF16E-48. В модели с прорецирующим аккреционным диском проведен анализ рентгеновских кривых блеска микроквара SS 433. В модели Роша с учетом поглощения в мощном ветре звезды Вольфа—Райе выполнен анализ полученных из космоса кривых блеска массивной двойной системы с сильно эллиптической орбитой WR22. В результате детального анализа кривых блеска с привлечением спектроскопической информации найдены параметры ТДС и их компонентов.

24.02-01.476 Подтверждение нового эволюционного статуса UU Cas. Горда С.Ю. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 9, с. 785-791. Рус.

Приведены результаты нового спектрального исследования тесной двойной системы (ТДС) с массивными компонентами UU Cas, выполненного на основе спектров, полученных на эшелле-спектрометре 1.2-м телескопа Коуровской астрономической обсерватории УрФУ с 2017 по 2022 г. Результаты данного исследования подтверждают новый эволюционный статус UU Cas, ранее определенный автором на основе спектрофотометрии этой системы в 2017 г. и подтвержденный в ряде работ других исследователей, согласно которому система находится в заключительной стадии процесса обмена масс, а не в его начале, как считалось ранее. Ее компоненты не являются очень массивными, а значение отношения их масс является обратным тому, что было определено ранее по результатам фотометрии. Полученные на значительно более обширном наблюдательном материале значения полуамплитуд лучевых скоростей $K_1=195.6$ км/с, $K_2=106.5$ км/с и масс обоих компонентов $M_1=9.6M_\odot$, $M_2=17.6M_\odot$ для угла наклона орбиты $i=74.5^\circ$, приведенного недавно в литературе, а также радиуса орбиты $A=54R_\odot$ этой ТДС сравнимы с найденными ранее автором значениями.

24.02-01.477 Экстремально широкие пары в мире двойных звезд. Дремова Г.Н., Дремов В.В., Тутуков А.В. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 9, с. 792-799. Рус.

Рассмотрен вопрос о возможности идентификации звездных пар, один из компонентов которых принадлежит семейству околоядерных центральных S-звезд, а другой — популяции сверхкоротных звезд (СЗ). В недалеком прошлом они могли быть генетически связаны в одной родительской двойной звезде, а сегодня ее компоненты разнесены на сотни и более парсек в результате динамического захвата двойной звезды полем сверхмассивной черной дыры (СМЧД). Представляет интерес взаимной реконструкции популяций S-звезд и СЗ, рассчитанных в рамках классического сценария Хиллза, по принципу дополнения их наблюдательных данных.

24.02-01.478 Распределение молодых спектрально-двойных звезд по отношению масс компонентов и эксцентриситетам. Еретнова О.В. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 9, с. 800-810. Рус.

Собраны данные о 83 молодых спектрально-двойных звездах с двумя линиями в спектре, среди них — Ae/Be звезды Хербига, звезды типа Т Тельца и красные карлики. Построены распределения молодых спектрально-двойных звезд по отношению масс компонентов и эксцентриситетам, диаграмма эксцентриситет—период и проведен их анализ. Подавляющее большинство короткопериодических систем с $P < 10^d$ имеют эксцентриситеты, близкие к нулю. В этой группе практически нет молодых звезд с возрастом $t \leq 1$ млн. лет. Распределение по отношению масс

систем с $P < 10^d$ имеет ярко выраженный максимум в интервале $q=0.9-1.0$. У молодых спектрально-двойных звезд с $P > 10^d$ распределение по отношению масс более пологое, около 12% имеют $q < 0.5$.

24.02-01.479 Особенности долговременной пятенной активности ряда поздних спектральных классов. Кожеевникова А.В., Алексеев И.Ю., Кожеевников В.П. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 9, с. 811-819. Рус.

Представлен анализ многолетних фотометрических наблюдений нескольких десятков хромосферно-активных звезд, обладающих активностью солнечного типа (как по нашим собственным наблюдениям, так и по имеющимся в литературе данным). Выполнено моделирование распределения холодных фотосферных пятен на основе зональной модели — получено несколько сотен моделей. Получено, что у большинства звезд пятна расположены на средних и умеренных широтах, максимальные площади пятен могут занимать от 7 до 58% поверхности звезды. Показано, что у ряда звезд можно заподозрить дрейф пятен по широте, как в сторону экватора, так и в сторону полюса, однако скорость такого дрейфа ниже в несколько раз, чем у солнечных пятен. Выявлено наличие циклов звездной активности у 15 звезд длительностью от 3 до 28 лет, выраженных в изменениях блеска системы, а также в изменениях общей запятненности звезды.

24.02-01.480 Калибровка неопределенностей каталога Gaia DR3 по данным о широких двойных звездах поля Галактики. Ковалева Д.А. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 9, с. 820-833. Рус.

Проанализирован каталог широких двойных звезд, созданный на основании данных Gaia EDR3 и включающий более миллиона пар, с привлечением данных Gaia DR3, независимо полученных для их компонентов. Показано, что пространственная неоднородность каталога отражает закон сканирования Gaia. Исследовано изменение пространственной плотности двойных звезд каталога с увеличением расстояния до Солнца. Путем сравнения с модельным распределением показано, что в каталоге содержится приблизительно в 2.5 раза меньше двойных звезд, чем ожидалось бы в отсутствие пространственной неполноты. Подтверждено, что радиус пространственной полноты каталога в среднем близок к 200 пк и зависит от абсолютной звездной величины главного компонента. Пространственная плотность двойных звезд в каталоге слабо зависит от разности звездных величин компонентов и существенно зависит от физического расстояния между компонентами. Неполнота каталога в отношении пар с расстоянием между компонентами меньше 100 а.е. возникает уже на расстоянии 25 пк от Солнца. Сравнение независимо определенных в рамках каталога Gaia DR3 характеристик компонентов одной и той же пары позволило исследовать, насколько связана вероятность неслучайного объединения компонентов с близостью их характеристик. Высокая величина связи степени согласия характеристик с надежностью пары обнаружена для лучевых скоростей. Качественное согласие наблюдается для оценок металличностей $[Fe/H]$ и, в меньшей степени, для оценок поглощения A_G . Для возрастов звезд согласие не обнаружено, что говорит об их большой неопределенности в ансамбле, состоящем в основном из звезд главной последовательности. При этом оценки возрастов для пар с проэволюционировавшими компонентами показывают существенно лучшее согласие, чем для ансамбля в целом. С использованием параметров компонентов пар из Gaia DR3 выполнена независимая оценка неопределенностей значений лучевых скоростей и металличностей в зависимости от видимой звездной величины G источников. Предложены оценки вероятных медианных значений ошибок лучевых скоростей и металличностей источников Gaia DR3. В зависимости от видимой звездной величины они превышают медианные значения ошибок, приведенных в каталоге: для лучевых скоростей в 1.5–3 раза, для металличностей $[Fe/H]$ в 7–25 раз.

24.02-01.481 Роль меридиональной циркуляции в образовании классических звезд типа Ве. Старичин Е.И. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 9, с. 834-838. Рус.

На стадии обмена веществом в двойной системе меридиональ-

ная циркуляция выносит к поверхности звезды до двух третей момента импульса, поступившего в звезду вместе с аккрецированным веществом. В результате становится возможным увеличение массы и момента импульса звезды вследствие аккреции. После окончания аккреции звезда имеет вращение, типичное для быстровращающихся Ве-звезд. Предполагается, что момент импульса, вынесенный меридиональной циркуляцией к поверхности звезды из аккрецированного вещества, отводится от звезды аккреционным диском.

24.02-01.482 Спектр радиоизлучения остатка сверхновой G74.9+1.2. Иванов В.П., Ипатов А.В., Рахимов И.А., Андреева Т.С. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 10, с. 841-847. Рус.

Измерения плотностей потоков остатка сверхновой (SNR) G74.9+1.2 = CTB 87 на частотах 4840 и 8450 МГц выполнены на радиотелескопе РТ-32 обсерватории Светлое ИПА РАН в 2018–2019 гг. Полученные данные содержат признаки наличия в радиоизлучении источника переменной составляющей на временном масштабе от месяца и более. Плотности потоков G74.9+1.2 на временном интервале 1959.7–2010 определены по опубликованным данным, позволяющим сравнить интенсивности G74.9+1.2 и стандартных источников. Все данные приведены в единую систему на основе точной шкалы потоков “искусственная луна” (ИЛ). Получен уточненный спектр SNR G74.9+1.2. Совокупность имеющихся данных аппроксимируется двумя степенными участками с разными спектральными индексами: $\alpha_1=0.31$ на частотах $f < f_b$ и $\alpha_2=0.71$ при $f > f_b$. Проекция двух степенных участков пересекаются на частоте $f_b \approx 3409$ МГц. Излом в радиоспектре источника с возрастом более 4000 лет мог сформироваться в результате синхротронных потерь. В пользу этого допущения свидетельствует увеличение наклона спектра примерно на 0.5 на частотах выше f_b . Совокупность данных, полученных при измерениях на РТ-32 и на основе опубликованных работ, позволяет утверждать, что переменная составляющая в радиоизлучении G74.9+1.2 на всех временных шкалах значительно менее выражена по сравнению с более молодыми PWN. В качестве возможного механизма наблюдаемой переменности предлагается пере замыкание силовых линий магнитного поля в магнитосфере пульсара.

24.02-01.483 Наблюдения быстрого радиовсплеска FRB 20220912A на радиотелескопах БСА ФИАН и FAST. Федорова В.А., Родин А.Е., Джанг Ж.Б., Донг С.Ф., Ли С.Ц., Ли Д., Ванг П., Джанг Дж.С., Хуанг Й.Ф., Су Ф. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 10, с. 848-857. Рус.

Приведен результат поиска импульсов от быстрого радиовсплеска FRB 20220912A на антенне БСА ФИАН на частоте 111 МГц в период активности в октябре–ноябре 2022 г. В результате наблюдений были зарегистрированы импульсы 18, 30 октября и 12 ноября с мерой дисперсии (220 ± 10) пк/см³ и пиковой плотностью потока 626, 354 и 203 Ян соответственно. Сообщается также о регистрации радиовсплеска FRB 20220912A на радиотелескопе FAST 28 октября в диапазоне частот 1–1.5 ГГц. Проанализированы данные на других частотах, получена зависимость ширины импульса от частоты $t_s \sim f^{-2}$.

24.02-01.484 Циклы активности одиночного G5 III–IV гиганта HD 199178. Саванов И.С., Тарасенков А.Н., Самусь Н.Н., Дмитриенко Е.С. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 10, с. 871-878. Рус.

Получен уникальный ряд фотометрических данных за период более ста лет для быстровращающегося одиночного G5 III–IV гиганта HD 199178 (V1794 Cyg), принадлежащего к группе звезд типа FK Com. Выполненный нами анализ долговременной переменности активности этой звезды основан на всех доступных по литературным источникам измерениях ее блеска в фильтре *B*. Для оценки блеска HD 199178 в эпоху, предшествующую фотозлектрическим и ПЗС-наблюдениям, были проведены измерения фотопластинок из архива ГАИШ, отснятых на Краснопресненской обсерватории МГУ в Москве (4 пластинки, отснятые с 1898 по 1903 г., и 41 пластинка за период с 1935 по 1958 г.). В итоге всего было получено 2142 оценки блеска звезды в фильтре *B*. Они обладают уникальной продолжительностью в 118.3 года и охватывают интервал времени с 1898 г.

по июль 2016 г. Найдены свидетельства о существовании долговременных циклов фотометрической переменности с величинами порядка 25–60 лет. Сделано предположение о существовании возможных циклов активности в 2000, 3165, 5050, 9000 и 21600^d (соответственно, 5.5, 8.7, 16.6, 24.7 и 59.2 года). Полученные результаты сопоставлены с другими оценками циклов активности у HD 199178. Наиболее достоверным следует признать существование цикла длительностью 8.7–9 лет. Найдено, что для объединения данных в единый массив преобразование величин *B* в величины *V* с использованием среднего значения показателя цвета (*B–V*) не представляется возможным из-за изменений (в том числе циклических) показателей цвета (*B–V*) со временем.

24.02-01.485 Эволюция метеороидных потоков, образующихся при столкновениях с АСЗ. Золотарев Р.В., Шустов Б.М. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 10, с. 879-897. Рус.

Исследуются формирование и эволюция метеороидных потоков, образующихся при столкновениях астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), с объектами Главного пояса астероидов (ГПА). Такой сценарий столкновения считается более вероятным по сравнению со столкновениями между АСЗ, так как многие АСЗ в силу своего происхождения пересекают область ГПА, в которой плотность объектов существенна по сравнению с внутренними областями Солнечной системы. Получающиеся таким образом метеороидные потоки имеют ряд отличий от потоков кометного происхождения как в плане формирования потока, так и при дальнейшей динамической эволюции. В данной работе получены оценки для темпа образования метеороидов в результате столкновений АСЗ с астероидами ГПА. На основе моделей высокоскоростных столкновений и данных об эксперименте DART получены возможные распределения частиц по размерам и скорости. Проведено численное моделирование динамики получающегося метеороидного потока с учетом гравитационных возмущений и радиационных сил, изучено влияние начальной скорости выброса на эволюцию потока. Проведен анализ темпа производства пыли с учетом распределения текущего населения АСЗ, сделан вывод о том, что темпы притока метеороидов астероидного и кометного происхождения (в массовом выражении) могут быть вполне сравнимы.

24.02-01.486 Влияние радиационных сил на наблюдаемое положение и эволюцию орбиты объектов космического мусора с большим отношением площади к массе. Саникова Т.Н. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 10, с. 898-917. Рус.

Данное исследование посвящено оценке влияния светового давления на наблюдаемое положение и элементы орбиты объектов космического мусора с большим отношением площади к массе *A/m* в области средневысоких, геостационарных и высокоэллиптических орбит на коротких интервалах времени (до 1 года). Выполнено численное интегрирование орбит 78 модельных объектов при 8 значениях *A/m* от 0.01 до 125 м²/кг и двух значениях коэффициента отражения *k*=1.0 и 1.44. Определены максимальные (в течение заданных периодов времени) угловые расстояния относительно подспутниковой точки на поверхности Земли между положениями, найденными с учетом радиационных сил и без их учета, а также максимальные в течение времени интегрирования изменения большой полуоси, эксцентриситета и наклона орбиты под влиянием радиационных сил. Получено, что для всех объектов наблюдается отрицательный дрейф большой полуоси. У моделей с большими полуосями 10000, 15000 и 20000 км вариации наклона не превышают 15°. Среди остальных объектов при $\gamma = kA/m \geq 50$ м²/кг зафиксированы случаи обусловленных световым давлением переходов от прямого движения к обратному (и наоборот), что говорит о возможности флипов плоскости орбиты под влиянием радиационных сил даже в краткосрочной перспективе. Приведены продолжительности успешного интегрирования (время жизни объекта на орбите): для большинства моделей с $\gamma \geq 50.0$ м²/кг оно составило менее 1 года. Также восстановлены интервалы времени, в течение которых смещение возмущенного под влиянием радиационных сил положения от невозмущенного не превышает 5', 45' и 3° в зависимости от величины γ , большой полуоси и эксцентриситета в начальную эпоху. Опираясь на ре-

зультаты статьи, можно оценить необходимую периодичность наблюдений объектов с большим A/m .

24.02-01.487 Модифицированный спектрограф ШАО для спектров с низким разрешением. *Исмаилов Н.З., Алминов С.А., Исмаилова Ш.К., Гусейнова Ф.С. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 10, с. 918-926. Рус.

Гриводится описание усовершенствованного спектрографа кассегреновского фокуса 2 м рефлектора ШАО, оснащенного ПЗС камерой. Классический спектрограф Universal Astro Grid Spectrograph (UAGS) был адаптирован для применения ПЗС камеры Andor для получения спектров объектов со слабым блеском в диапазоне 3600—8000 Å. Спектрограф с дифракционной решеткой 651 шт/мм позволяет получить спектры звезд на 2 м телескопе ШАО до 18 звездной величины с разрешением $R=1200$ с отношением сигнала к шуму около 50 за полчаса экспозиции. Максимально допустимое разрешение составляет $R=400$. Комплекс можно применить для наблюдений различных типов транзиентных объектов, звезд, внегалактических объектов.

24.02-01.488 Современная звездная астрономия — 2022. *Малков О.Ю., Жуков А.О., Длузневская О.В. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 11, с. 929-938. Рус.

Представлен аналитический обзор современного состояния проблем звездной астрономии. Он преимущественно базируется на докладах, сделанных на конференции “Современная звездная астрономия” (КГО ГАИШ МГУ, ноябрь 2022).

24.02-01.489 Эволюция рентгеновской двойной системы Sco X-1. *Федорова А.В., Тутуков А.В. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 11, с. 939-957. Рус.

Численно исследуется возможная эволюция яркой маломассивной рентгеновской двойной системы Sco X-1 в рамках модели, предполагающей, что донор системы (спутник нейтронной звезды) заполняет свою полость Роша. В расчетах учитывается наличие у донора сильного индуцированного звездного ветра (ИЗВ), возникающего из-за облучения жестким излучением аккрецирующей релятивистской звезды. При этом на примере Sco X-1 исследуются три гипотезы, в рамках которых для полуразделенных рентгеновских двойных звезд можно получить высокий темп обмена веществом. Первая гипотеза — наличие у донора сильного ИЗВ при стандартном магнитном торможении. Расчеты показали, что в этом случае можно получить высокий темп обмена массой, но при этом донор не может заполнять полость Роша — он “уходит” под нее. Вторая гипотеза — усиление магнитного торможения, т.е. увеличение потери углового момента из системы за счет магнитного звездного ветра донора (МЗВ). Такое усиление может быть связано с интенсивным ИЗВ донора при наличии у него сильного магнитного поля. Численное моделирование показывает, что при усилении МЗВ в ~ 20 раз возможен высокий темп обмена веществом при заполнении донором полости Роша. Третья гипотеза предполагает возможность отмены прямого обмена угловым моментом между орбитальным моментом системы и моментом аккрецированного вещества, переходящего с маломассивного донора на более массивный аккретор. При такой отмене исчезает основной процесс, увеличивающий большую полуось орбиты. Расчеты показывают, что и в этом случае можно получить достаточно высокий темп обмена массой. Однако наиболее вероятной причиной увеличения темпа обмена в маломассивных рентгеновских двойных системах, возможно, является усиление магнитного торможения.

24.02-01.490 Взаимодействие экзопланеты HAT-P-11b со звездным ветром. *Беленькая Е.С. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 11, с. 958-963. Рус.

Обсуждается возможность существования магнитодиска вокруг экзопланеты HAT-P-11b. Мы использовали имеющиеся данные наблюдений для определения свойств этой экзопланеты и обтекающего ее звездного ветра и получили грубую оценку масштаба магнитосферы планеты. Сравнение нашей оценки с опубликованными результатами расчетов методом частиц в ячейке в трехмерной электромагнитной релятивистской бесстолкновительной модели магнитосферы показало несоответствие масштабов магнитосферы, найденных этими двумя спо-

собами. Предложена возможная интерпретация данного несоответствия.

24.02-01.491 Возможность оценки эксцентриситета орбиты двойной системы с экзопланетой по транзитной кривой блеска. *Векесов Е.В., Абубекеров М.К., Гостев Н.Ю., Черепашук А.М. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 11, с. 964-986. Рус.

Как по модельным, так и по наблюдаемым транзитным кривым блеска выполнено исследование возможности определения эксцентриситета орбиты двойной звездной системы с экзопланетой. Показано, что определение точного значения эксцентриситета на основе транзитных кривых блеска возможно при знании долготы периастра. В случае отсутствия информации о долготе периастра анализ транзитной кривой блеска позволяет наложить ограничения на значения эксцентриситета орбиты. Изучено влияние неопределенности в значении эксцентриситета орбиты на точность определения остальных параметров системы: радиуса звезды, радиуса планеты, наклона орбиты и коэффициента потемнения к краю.

24.02-01.492 NO биомаркер: трансмиссионный и эмиссионный методы его потенциального обнаружения в атмосферах экзопланет с помощью СПЕКТР-УФ. *Цуриков Г.Н., Бискало Д.В. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 11, с. 987-1004. Рус.

Среди всех факторов обитаемости экзопланет земного типа одним из определяющих является наличие у экзопланеты вторичной N_2-O_2 доминантной атмосферы. Именно данный фактор может потенциально свидетельствовать об уже существующих геологических и биологических процессах на экзопланете. Между тем прямая характеристика N_2-O_2 атмосфер у экзопланет земного типа является сложной наблюдательной задачей. Существует всего несколько индикаторов (молекул) такой атмосферы, среди которых можно выделить потенциальный биомаркер — молекулу окиси азота NO. Наиболее сильными спектральными признаками данной молекулы в ультрафиолетовом диапазоне являются γ -полосы (203—248 нм). Важную роль в поиске потенциальных биомаркеров на экзопланетах, в том числе в регистрации γ -полос NO, может сыграть планируемая к запуску космическая обсерватория Спектр-УФ. В работе приведены оценки возможности детектирования трансмиссионного света в γ -полосах в атмосферах экзопланет с помощью данной обсерватории. Проведено сравнение методов эмиссионной и трансмиссионной спектроскопии применительно к регистрации NO. По результатам работы показано, что потенциальная возможность обнаружения сигнала трансмиссии в γ -полосах NO в атмосферах близких экзопланет (<10 пк) с помощью спектрографа LSS обсерватории Спектр-УФ существует. Представлены накладываемые ограничения для регистрации данного сигнала на более далеких экзопланетах.

24.02-01.493 Фотометрическая активность звезды V517 Sgr в оптическом и ближнем инфракрасном диапазоне. *Ефимова Н.В., Гринин В.П., Архаров А.А., Потравнов И.С., Мельников С.Ю., Ларионов В.М., Климанов С.А., Горшанов Д.Л. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 11, с. 1005-1022. Рус.

Проведено фотометрическое исследование звезды Хербига V517 Sgr в ближнем инфракрасном и оптическом диапазонах. Инфракрасные данные получены в 2003—2017 гг. в обсерватории Кампо Императоре (Италия) с помощью Пулковского телескопа АЗТ-24 в фотометрических полосах JHK Джонсона. Оптические кривые блеска в фильтрах UBVR Джонсона получены в обсерватории Майданак. В статье также использованы данные каталогов ASSAS, WISE и AAVSO. Показано, что в ближнем инфракрасном диапазоне поведение V517 Sgr характерно для звезд типа UX Ori. Существенный вклад в переменность блеска в этом диапазоне дает изменение экстинкции на луче зрения, но в полосах H и K сильно влияние диска: в полосах V и J присутствует значимая корреляция блеска звезды ($r \sim 0.84$), в то время как блеск в полосах H и K плохо коррелирует с блеском в полосе V. Амплитуда переменности в J довольно велика ($\sim 1.8^m$). В самом глубоком минимуме блеска в полосе V ($\Delta V \sim 3.6^m$) наблюдались квазипериодические изменения с амплитудой $\sim 0.8^m$ и периодом $\sim 19^d$, причина которых

пока неясна. Возможно, эти колебания вызваны присутствием компаньона, холодной звезды типа Т Тау, и связаны с ее периодом вращения. В спектре V517 Cyg присутствует эмиссионная линия H_{α} , имеющая характерный для звезд типа UX Ori двухкомпонентный профиль. Линии натрия Na I D имеют инверсные P Cyg профили, свидетельствующие об интенсивной аккреции газа на звезду. Темп аккреции, определенный по линии H_{α} , равен $M_{acc} = 3.6 \cdot 10^{-8} M_{\odot}/год$.

24.02-01.494 Масштабно-инвариантная мода в бесстолкновительных сферических звездных системах. Поляченко Е.В., Шугман И.Г. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 11, с. 1023-1032. Рус.

Получено аналитическое решение возмущенных уравнений, существующее во всех эргодических моделях бесстолкновительных сферических звездных систем с единственным параметром длины. Данное решение соответствует вариациям этого параметра, т.е. растяжению/сжатию сферы при сохранении полной массы. При этом система остается в равновесном состоянии. Простота решения позволяет в явном виде дать выражения для функции распределения, потенциала и плотности во всех порядках теории возмущений. Это, в свою очередь, помогает внести ясность в понятие энергии возмущения, которая, являясь величиной второго порядка по амплитуде, не может быть вычислена в линейной теории. Показано, что корректное выражение для энергии возмущений, построенное с учетом возмущений 2-го порядка, и известное в литературе выражение для энергии возмущений в виде квадратичной формы, полученное в рамках линейной теории из возмущений 1-го порядка, не совпадают. Однако обе эти энергии являются интегралами движения и отличаются лишь на константу. Полученное решение можно использовать для контроля корректности кодов и точности вычислений при численном исследовании бесстолкновительных звездных моделей.

24.02-01.495 Гравитационные миссии следующего поколения: исследование возможностей мультипарных конфигураций. Филеткин А.И., Жамков А.С., Аюков С.В., Милоков В.К. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 11, с. 1033-1045. Рус.

Выполнено исследование потенциальных возможностей космических группировок, состоящих из двух пар космических аппаратов, движущихся на разных орбитах, так называемых, гравитационных миссий следующего поколения, для повышения пространственного и временного разрешения измерений и повышения точности восстановления гравитационного поля Земли. В результате численного моделирования орбитального движения космических аппаратов мультипарной группировки и решения обратной задачи по восстановлению гравитационного поля Земли по модельным измерениям, выполняемым в данной группировке, была найдена мультипарная конфигурация с орбитальными параметрами $h=370$ км, $i=90.5^{\circ}$ и $h=370$ км, $i=70.0^{\circ}$, которая позволяет повысить как пространственное, так и временное разрешение моделей гравитационного поля Земли со значительным уточнением зональных, секторных и тессеральных гармоник по сравнению с однопарной близкополярной группировкой.

24.02-01.496 Параметры радиопульсаров на разных расстояниях от "линии смерти". Кенько З.В., Малов И.Ф. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 11, с. 1046-1055. Рус.

Проведены вычисления углов β между магнитным моментом и осью вращения в радиопульсарах, находящихся на разных расстояниях от "линии смерти". Показано, что при приближении к "линии смерти" β уменьшается от 36 до 10° . Эти значения соответствуют пульсарам с кинематическим возрастом от 1 до 10 млн. лет. Показано также, что при этом уменьшается их светимость, что свидетельствует о постепенном затухании радиопульсара при увеличении его возраста.

24.02-01.497 Планета или первичная черная дыра во внешней области солнечной системы и поток пыли вблизи орбиты Земли. Eroshenko Ю.Н., Попова Е.А. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 11, с. 1056-1068. Рус.

В последние годы были получены свидетельства того, что во внешней области Солнечной системы (во внутренней части об-

лака Оорта) на расстоянии $\sim 300-700$ а.е. от Солнца может находиться захваченная планета или первичная черная дыра. В данной работе мы показываем, что гравитационное рассеяние на этом объекте пылевых частиц, находящихся в той же области, может перевести их на новые вытянутые орбиты, достигающие орбиты Земли. При массе захваченного объекта порядка $5-10$ масс Земли рассчитанный поток пыли вблизи Земли $\sim 0.1-3$ мкг·м $^{-2}$ год $^{-1}$ сравним по порядку величины с наблюдаемым потоком. Этот эффект дает совместные ограничения на параметры захваченного объекта и на количество пыли в облаке Оорта.

24.02-01.498 К вопросу о локализации мест рождения КВМ на Солнце. Язев С.А., Томозов В.М. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 11, с. 1069-1080. Рус.

Исследована локализация зон возникновения корональных выбросов массы (КВМ) на Солнце в период с ноября 2006 по февраль 2007 г. по каталогу SOHO. Описан метод сопоставления таких зон с активными областями (АО) как на видимом, так и на невидимом полушариях Солнца. Показано, что простое линейное продолжение проекций траектории движения КВМ на Солнце во многих случаях проходит мимо АО. 63.5% КВМ удалось привязать к АО, 19% — не удалось, а для 17.5% должен быть сделан выбор между АО и факельными площадками, где пятна наблюдались на 1–3 оборота Солнца раньше. Обсуждается гипотеза, что смещение начала траектории движения КВМ от центра АО связано с несимметричностью расположения магнитного жгута, на основе которого формируется КВМ, относительно АО: одно основание жгута находится вблизи сильных магнитных полей пятен, второе — в области слабых полей на периферии или за пределами АО.

24.02-01.499 Статистика параметров тепловой плазмы и нетепловых рентгеновских спектров солнечных вспышек с гелиосейсмическим откликом. Шарыкин И.Н., Зимовец И.В., Косовичев А.Г. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 11, с. 1081-1102. Рус.

Приводятся результаты статистического анализа различных параметров тепловой плазмы и нетепловых рентгеновских спектров гелиосейсмически активных (продуцирующих "солнцетрясения") солнечных вспышек 24-го солнечного цикла до февраля 2014 г. Сравниваются две выборки вспышек: с гелиосейсмической активностью в виде солнцетрясений и без фотосферных возмущений. Также исследованы зависимости рассматриваемых параметров вспышек от энергии гелиосейсмических возмущений. Количественные параметры солнечных вспышек берутся из статистических работ серии "Global Energetics", выполненных Маркусом Ашванденом в 2014–2019 гг. Рассматриваются термодинамические параметры плазмы, полученные из анализа рентгеновских спектров RHESSI и дифференциальной меры эмиссии (по ультрафиолетовым изображениям AIA), а также характеристики нетепловых рентгеновских спектров по RHESSI. Статистический анализ подтвердил, что гелиосейсмически активные солнечные вспышки характеризуются значительно большими потоками нетеплового рентгеновского излучения по сравнению со вспышками без фотосферных возмущений. Найдена линейная взаимосвязь гелиосейсмической энергии с полным потоком нетеплового рентгеновского излучения, а также полной энергией ускоренных электронов. Показано, что степенной индекс нетеплового рентгеновского спектра не является тем параметром, по которому можно разделить две рассматриваемые группы вспышек. Анализ рентгеновских тепловых спектров показывает небольшое отличие вспышек с солнцетрясениями от вспышек без фотосферного отклика. Анализ дифференциальной меры эмиссии выявил тождественность двух выборок вспышек. Обсуждается найденная корреляция энергии солнцетрясений с параметрами тепловой плазмы. В целом полученные статистические результаты косвенно свидетельствуют в пользу теории генерации солнцетрясений пучками ускоренных электронов, инжектированных в плотные слои солнечной атмосферы.

24.02-01.500 Гравитационный захват как возможный сценарий происхождения Луны. Тутуков А.В., Дремов Г.Н., Дремов В.В. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 11, с. 1103-1118. Рус.

Статья посвящена проблеме происхождения Луны. Обсуждаются современные сценарии формирования системы Земля—Луна: одновременное образование Земли и Луны в околосолнечном газопылевом диске; ударное частичное разрушение Земли массивным астероидом; гравитационный захват Луны Землей; разрушение вначале двойной Луны при сближении с Землей с возможным последующим поглощением Землей компонента меньшей массы. Мы предлагаем двухстадийный сценарий гравитационного захвата Луны Землей на ранних стадиях Солнечной системы. На первой стадии, использующей гибридную численную модель в постановках задачи трех тел (Солнце, Земля и Луна) и N -тел, производится поиск и отбор временных орбит Луны вокруг Земли. Используя метод обратного интегрирования в постановке задачи N -тел, оценивается влияние приливных сил на перекачку орбитального момента Луны (P_{orb}^M) относительно Земли в ее собственный момент P_s^M . Как показывает моделирование, действия одних приливных сил не достаточно для захвата Луны Землей в короткой шкале времени ~ 100 лет ($\Delta P_s^M \sim 10^{-6} P_{orb}^M$). На второй стадии учитывается фактор вязко-диссипативной среды, приводящей к дополнительному “притормаживанию” Луны, за счет, например, столкновений с астероидами и перехода приливной энергии в тепло, что помогает Луне избавиться от избытка кинетической энергии и обрести постоянную орбиту вокруг Земли.

24.02-01.501 Гало темной материи в численных моделях при красных смещениях $0 \leq z \leq 9$. Демьянский М., Дорошкевич А., Ларченкова Т., Пилипенко С. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 12, с. 1121-1131. Рус.

Для численной модели в диапазоне красных смещений $0 \leq z \leq 9$ рассмотрены свойства и эволюция гало темной материи (ТМ) с помощью предложенного ранее метода компактного анализа, позволяющего разделять влияние случайных и регулярных факторов на основные характеристики гало ТМ. В исследуемом диапазоне красных смещений при последовательном иерархическом скупивании маломассивных гало ТМ в центральной массивный объект наблюдается монотонная эволюция средних значений их базисных параметров — круговой скорости v_c , параметра $w_c = v_c/r$, а также массы. В диапазоне $3 \leq z \leq 9$ параметры эволюционируют медленно, а в диапазоне $0 \leq z \leq 3$ — быстро. Эволюция гало ТМ, образованных до реионизации, сводится к медленному изменению их средних характеристик и свойств периферии гало. Подчеркнута важная роль рано образованных массивных структурных элементов.

24.02-01.502 Моделирование линейной поляризации для прецессирующих струй активных ядер галактик. Тодоров Р.В., Кравченко Е.В., Пащенко И.Н., Пушкарев А.В. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 12, с. 1132-1143. Рус.

Последние результаты самого подробного анализа многоэпыховых поляризационно-чувствительных наблюдений струй активных ядер галактик (АЯГ) на масштабах парсек методом радиointерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ) обнаруживают несколько характерных типов распределения линейной поляризации и ее переменности. Некоторые из них воспроизводятся уже в простой модели спирального магнитного поля. При этом ни одна из представленных к настоящему моменту моделей не может объяснить наблюдаемые профили поляризации с увеличением ее степени к краям струи, и сопровождаемые узором электрического вектора типа “фонтан” и его высокой временной переменностью в центре. С помощью численного моделирования РСДБ-наблюдений релятивистских струй в этой работе мы показываем, что такие профили линейной поляризации могут возникать естественным образом в модели струй, прецессирующих на масштабах порядка десяти лег. В этом сценарии из-за ограниченного разрешения РСДБ-систем первоначально сильная поляризация вдоль оси струи размывается из-за наложения областей, поляризационный угол которых значительно меняется в проекции на небо. В наших численных моделях мы качественно воспроизводим структуру распределения электрического вектора и его переменность. При этом карты распределения интенсивности поляризации характеризуются яркой сердцевинной из-за недостаточного подавления поляризованного излучения, что слабо согласуется с наблюдениями квазаров. Более эффективной деполаризации можно добиться

в моделях, в которых излучение центрального канала струи подавлено.

24.02-01.503 Формирование и эволюция крупномасштабных вихревых структур в аккреционных звездных дисках. Ливенец З.Д., Луговский А.Ю. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 12, с. 1144-1161. Рус.

Объяснение причин переноса углового момента в аккреционных звездных дисках является важной астрофизической задачей, поскольку именно этот процесс определяет темп аккреции вещества на центральное гравитирующее тело. Ранее в рамках двумерного подхода было показано, что внесение возмущений малой амплитуды в поток вещества диска приводит к возникновению сдвиговой неустойчивости. Данный процесс сопровождается развитием крупномасштабных вихревых структур. Их движение и эволюция приводят к перераспределению углового момента в аккреционном диске. Действие описанного механизма было численно исследовано ранее только в рамках двумерного приближения, поэтому целью текущей работы является проведение полномасштабного трехмерного моделирования. Исследуемые процессы описываются в рамках системы уравнений идеальной газовой динамики. В статье кратко изложен метод их численного интегрирования, который основан на консервативной конечно-разностной схеме и решении задачи Римана о распаде произвольного разрыва. В качестве начальных данных используется стационарное газовое состояние тороидальной формы, окруженное веществом с низкой плотностью и давлением. На следующем шаге вносятся малые возмущения одной из газодинамических переменных. Проведенное моделирование и анализ результатов численных расчетов показывают возникновение вихревых структур в сдвиговом течении трехмерного аккреционного диска. Их движение сопровождается перераспределением вещества и углового момента в объеме диска, приводящим к аккреции вещества на центральное тело.

24.02-01.504 Спектральный обзор области звездообразования DR21OH в 4-мм диапазоне длин волн. Каленский С.В., Михеева Е.А. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 12, с. 1162-1189. Рус.

Представлены результаты обзора спектральных линий области звездообразования DR21OH в 4-мм диапазоне длин волн. Было обнаружено 69 молекул и их изотопологов, от простых двухатомных или трехатомных молекул, таких как SO, SiO и CSH, до сложных органических молекул, таких как CH₃OCHO или CH₃OCH₃. Заметная часть полученных результатов качественно повторяет результаты обзора этого же источника на волне 3 мм. Списки молекул, обнаруженных на волнах 3 и 4 мм, в значительной степени пересекаются. Однако на волне 4 мм были обнаружены молекулы, которые не обладают разрешенными переходами в 3-мм диапазоне, например, DCN, DNC или SO⁺. Основную часть молекул, найденных на волне 4 мм, составляют те, которые часто наблюдаются в плотных ядрах областей звездообразования, например, HC₃N или CH₃CCH, однако некоторые обнаруженные молекулы характерны для горячих ядер. К последним относятся сложные органические молекулы CH₃OCHO, CH₃CH₂OH, CH₃OCH₃ и др. Однако излучение этих молекул, зарегистрированное в данном обзоре, вероятно, возникает в газе, имеющем температуру ~ 30 К. Девять молекул, в том числе сложные соединения CH₃C₃N, CH₃CH₂CN, CH₃COCH₃ и др., найдены с помощью сложения спектральных линий. Это демонстрирует большие возможности данного метода при исследовании молекулярных облаков.

24.02-01.505 Аэрономическая модель водородно-гелиевых верхних атмосфер горячих экзопланет-гигантов. Жилкин А.Г., Гладышева Ю.Г., Шематович В.И., Бисикало Д.В. *Астрономический журнал*. 2023. 100, № 12, с. 1190-1209. Рус.

Представлена одномерная аэрономическая модель водородно-гелиевых верхних атмосфер горячих экзопланет-гигантов, основанная на приближении одножидкостной многокомпонентной гидродинамики. Учитываются химические реакции и процессы нагрева-охлаждения. В качестве примера приложения модели рассмотрены типичные горячий юпитер и теплый нептун. Расчеты проведены для различных значений газового давления на фотометрическом радиусе планеты. В полученных ре-

шениях формируется трансзвуковой планетный ветер, приводящий к гидродинамическому оттоку атмосферы с темпами потери массы порядка $3.5 \cdot 10^{10}$ г/с для горячего юпитера и $3.7 \cdot 10^9$ г/с для теплого непуна. При этом внешние слои атмосферы горячего юпитера оказываются полностью ионизованными, в то время как атмосфера теплого непуна в основном состоит из нейтрального газа. В некоторых вариантах модели горячего юпитера в глубоких слоях атмосферы развивается неустойчивость, которая может приводить к формированию специфического облачного слоя.

24.02-01.506 **Пекулярный спектр радиоизлучения мазера водяного пара в темной туманности MSXDCG24.33+011 (G24.33+014).** *Вальц И.Е. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 12, с. 1210-1216. Рус.

Гигантские молекулярные облака (ГМО) в нашей и других галактиках и небольшие плотные молекулярные облака внутри Галактики (IRDC) в силу гравитационной неустойчивости формируют ядра, в которых образуются массивные звезды и скопления маломассивных звезд. Высокий фон инфракрасного излучения внутри Галактики создает преимущества в пользу IRDC в исследовании процессов звездообразования и сопровождающих их явлений — таких, как аккреция, появление зон ИП, биполярных потоков и других, вызывающих разнообразие отклики в их молекулярном составе. В рамках изучения эволюционного состояния в облаке IRDC MSXDCG24.33+011 (другое наименование G24.33+014) были проведены наблюдения мазера водяного пара. На телескопе РТ-22 Пуцунской радиоастрономической обсерватории 28 ноября 2022 г. зафиксировано появление новой детали в спектре мазерной линии H_2O на скорости на луче зрения $V_{LSR}=103.15$ км/с с потоком в пике $49.5(\pm 6)$ Ян при ширине линии по половине мощности интенсивности 0.52 км/с. Данная деталь не была обнаружена на РТ-22 5 июля 2022 г. и не наблюдалась ранее другими исследователями.

24.02-01.507 **Физические свойства и кинематика плотных ядер, связанных с областями образования массивных звезд южного неба.** *Пирогов Л.Е., Землянуха П.М., Домбек Е.М., Воронков М.А. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 12, с. 1217-1244. Рус.

Представлены результаты спектральных наблюдений в диапазоне частот $\sim 84\text{--}92$ ГГц шести объектов южного неба, содержащих плотные ядра, и связанных с областями образования массивных звезд и звездных скоплений. Наблюдения проведены с помощью радиотелескопа MOPRA-22m. В рамках приближения локального термодинамического равновесия (ЛТР) рассчитаны концентрации на луче зрения и распространенности молекул $H^{13}CN$, $H^{13}CO^+$, $HN^{13}C$, HC_3N , $c\text{-}C_3H_2$, SiO , CN_3C_2H и CN_3CN . Получены оценки кинетических температур ($\sim 30\text{--}50$ К), размеров областей излучения ($\sim 0.2\text{--}3.1$ пк) и вириальных масс ($\sim 70\text{--}4600 M_\odot$). Ширины линий в трех ядрах уменьшаются с увеличением расстояния от центра. В четырех ядрах наблюдается асимметрия профилей оптически толстых линий $HCO^+(1\text{--}0)$ и $HCN(1\text{--}0)$, указывающая на наличие систематических движений на луче зрения. В двух случаях характер асимметрии может быть вызван сжатием газа. Проведено вписывание модельных спектральных карт $HCO^+(1\text{--}0)$, $H^{13}CO^+(1\text{--}0)$, полученных в рамках не-ЛТР сферически-симметричной модели, в наблюдаемые. Рассчитаны радиальные профили плотности ($\propto r^{-1.6}$), турбулентной скорости ($\propto r^{-0.2}$) и скорости сжатия ($\propto r^{0.5}$) в ядре G268.42-0.85. Профиль скорости сжатия отличается от ожидаемого как в случае свободного падения газа на протозвезду ($\propto r^{-0.5}$), так и в случае глобального коллапса ядра (скорость сжатия не зависит от расстояния). Приведено обсуждение полученных результатов.

24.02-01.508 **Оптическая спектроскопия высокого разрешения спящей LBV-звезды P Cyg.** *Клочкова В.Г., Панчук В.Е., Таволжанская Н.С. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 12, с. 1245-1258. Рус.

На телескопе БТА получены оптические спектры высокого разрешения ($R=60000$) спящей LBV звезды P Cyg в диапазоне длин волн $\Delta\lambda=477\text{--}780$ нм. Выполнив детальное отождествление различных линий (фотосферные абсорбции, разрешенные и запрещенные эмиссии, компоненты линий с профилями типа

P Cyg), мы изучили переменность их профилей и картины лучевых скоростей. Лучевая скорость по запрещенным эмиссиям ([N II] 5754.64, [Fe II] 5261.62, [Fe II] 7155.14 и [Ni II] 7377.83 Å) принята в качестве системной $V_{sys}=-34\pm 1.4$ км/с. В спектрах отождествлены около дюжины фотосферных абсорбций ионов CNO-триады и Si III. Их стабильное положение, $V_r(\text{abs})=-73.8$ км/с, сдвинутое относительно V_{sys} на -40 км/с, указывает на то, что эти абсорбции формируются в области псевдофотосферы. В спектрах отсутствуют эмиссии высокого возбуждения ([O I] 5577, 6300, 6363 Å, [O III] 4959 и 5007 Å, а также He II 4686 Å). Лучевая скорость V_r (DIBs) $=-11.8$ км/с по многочисленным DIBs согласуется с положением межзвездных компонентов D-линий Na I и K I, формирующихся в галактическом рукаве Персея. По измерениям эквивалентных ширин 9 DIBs определены избыток цвета $E(B-V)=0.34\pm 0.03^m$ и межзвездное поглощение $A_v=1.09^m$.

24.02-01.509 **Циклы активности звезды FK Com.** *Саванов И.С., Нароенков С.А., Наливкин М.А., Дмитриенко Е.С. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 12, с. 1259-1266. Рус.

Представлены результаты фотометрических наблюдений хромосферно активной звезды FK Com (прототипа одноименной группы), выполненные в течение последних 5 лет (2018—2023 гг.) на обсерваториях ИНАСАН в Звенигороде, в Симензской обсерватории ИНАСАН и на Российско-Кубинской обсерватории в Гаване (Республика Куба). В общей сложности за период с 2018 по 2023 г. мы получили 9060 оценок блеска звезды в фильтре V. Наши измерения, а также данные из литературных источников и из архива Kamogata Wide-field Survey (KWS) были объединены в единый массив, включающий 17 653 измерений в интервале длительностью порядка 57 лет. На основе построенного по этим данным спектра мощности установлены возможные циклы активности P_{cycl} , которые составляют, по нашей оценке, 2.4, 5.63, 8, 13.6, 30 и 49 лет. Доминирующим является P_{cycl} продолжительностью в 5.63 года. Показано, что этот найденный нами по обширному данному доминирующий цикл с величиной порядка 5.63 лет (5.4—5.8 лет по другим литературным источникам) прослеживается и в результатах анализа предыдущих исследований. Результаты о циклах активности FK Com сопоставлены с данными о долговременной переменности еще двух звезд рассматриваемого типа — HD 199178 (V1794 Cyg) и ET Dra. На основе данных о P_{cycl} других хромосферно активных звезд (по литературным источникам и нашим измерениям) проанализирована диаграмма вида $\log(1/P_{rot})-\log(P_{cycl}/P_{rot})$. Сделано заключение о сопоставимости выполненных нами определений величин циклов активности звезд типа FK Com с данными для звезд типа RS CVn.

24.02-01.510 **Вспышки светимости во взаимодействующих протопланетных системах.** *Скляревский А.М., Воробьев Э.И. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 12, с. 1267-1285. Рус.

Объекты типа FU Орiona (фуоры) характеризуются короткими (десятилетия или сотни лет) эпизодическими вспышками, во время которых светимость растет на порядки величины. Возможной причиной таких вспышек могут являться тесные сближения звезд и протопланетных дисков. Численные расчеты показывают, что для генерации вспышки с характеристиками, близкими к фуорам, требуется достаточно близкий пролет, с периастром от нескольких а.е. до нескольких десятков а.е. Однако звездные объекты в фуорах, представляющих собой двойные системы (включая непосредственно FU Орiona), обычно разнесены на сотни а.е. Простые математические оценки показывают, что с такими параметрами компоненты двойной системы должны двигаться на порядок величины быстрее наблюдаемой дисперсии скоростей в молодых звездных скоплениях. Таким образом, вспышки светимости либо инициируются с некоторой временной задержкой, либо для инициации вспышки такие тесные сближения не требуются и всплеск светимости происходит не за счет первичного гравитационного возмущения в протопланетном диске. В работе использовалось численное гидродинамическое моделирование столкновительной системы, состоящей из звезды, окруженной протопланетным диском, и бездискового внешнего звездного объекта. Показано, что к вспышкам светимости могут приводить даже пролеты с большим пери-

астром порядка 500 а.е., при этом задержка между прохождением периастра и непосредственно вспышкой может достигать нескольких тысяч лет. Впервые показано посредством численного моделирования, что возмущение центрального диска, вызванное гравитационным воздействием пролетающего внешнего объекта, может запускать каскадный процесс, во время которого сначала развивается тепловая неустойчивость во внутреннем диске, а затем магниторотационная. Вследствие поочередного развития этих неустойчивостей возникает резкий рост темпа аккреции вещества на звезду, также выражающийся в повышении светимости более чем на 2 порядка величины.

24.02-01.511 Кинематика высокоскоростных звезд в пределах 300 пк от Солнца по данным Gaia DR3. *Тутуков А.В., Чупина Н.В., Верецагин С.В. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 12, с. 1286-1310. Рус.

По данным Gaia DR3 изучена кинематика звезд из Солнечных окрестностей с радиусом 300 пк. Наша выборка включает $n=970171$ звезд — AG300 (A — ансамбль, G — Gaia, 300 — радиус исследуемой зоны в пк). Кинематика этих звезд отражает морфологию основных звездных населений Галактики: звездного диска, балджа, гало и звездной короны сверхмассивной черной дыры (СМЧД). Наличие в AG300 звезд со скоростями, превосходящими скорость ухода из Галактики, свидетельствует о присутствии в окосолнечном пространстве внегалактических звезд, принадлежащих звездному компоненту локального скопления галактик. Показано, что известные механизмы ускорения пространственного движения звезд позволяют создать звездное гало галактик, звездную корону СМЧД в ее ядре, межгалактическую звездную среду скоплений галактик и пространства между скоплениями галактик. Каталог AG300 позволяет идентифицировать представителей всех названных компонентов.

24.02-01.512 Структура солнечного цикла и циклов активности звезд поздних спектральных типов. *Обридко В.Н., Соколов Д.Д., Кацова М.М. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 12, с. 1311-1321. Рус.

Показано, что использование описания солнечного цикла, учитывающего нечетную зональную гармонику магнитного поля Солнца, позволяет углубить наши знания о двух важных аспектах солнечной активности: во-первых, уточнить и расширить предсказания на ближайшее будущее эволюции циклической активности Солнца; во-вторых, сформулировать программу мониторинга спектродифференциальных характеристик излучения звезд, подобных Солнцу, нацеленную на получение новой информации об их магнитных полях.

24.02-01.513 Темп формирования солнечных нановспышек в различных спектральных диапазонах. *Белов С.А., Завершинский Д.И., Богачев С.А., Леденцов Л.С. Астрономический журнал.* 2023. 100, № 12, с. 1322-1331. Рус.

Частота и темп формирования солнечных нановспышек (НВ) измерены в 6 корональных спектральных диапазонах (094, 131, 171, 193, 211, 335 Å) и одном, относящимся к переходному слою (304 Å). Были использованы данные SDO/AIA, полученные в минимуме солнечной активности в мае 2019 г. Мы проанализировали одну и ту же область Солнца размером $360 \times 720''$ во всех каналах на протяжении интервала времени 1 ч. Для поиска НВ во всех спектральных диапазонах мы применили одинаковый алгоритм, основанный на анализе амплитуды быстрых уярчений на изображениях. Частота и темп НВ, как можно ожидать, существенно различаются в различных диапазонах. Для порога 5σ наибольшая частота НВ, 207 с^{-1} , измерена в канале 171 Å. Далее следуют спектральные диапазоны 193 Å (85% от канала 171 Å), 211 Å (74%) и 131 Å (63%). Мы не смогли достоверно измерить частоту в каналах 094 и 335 Å, но установили, что она составляет менее 15% от частоты в канале 171 Å. В канале 304 Å мы обнаружили большое число уярчений, которые не имеют соответствия в короне. Тем не менее около 40% корональных НВ имеют соответствие в линии 304 Å, с порогом выше 5σ .

24.02-01.514 Лучистый теплообмен: асимптотическое решение кинетического уравнения распространения излучения, асимптотическое приближение n-го порядка и уточненные граничные условия. *Серов С.А.,*

Серова С.С. Астрономический журнал. 2023. 100, № 12, с. 1332-1342. Рус.

Предложено новое асимптотическое приближение n-го порядка для использования в расчетах распространения излучения в оптически толстых средах без рассеяния; асимптотическое приближение проще и точнее известного диффузионного приближения. Показано, что для оптически толстых сред асимптотическое решение кинетического уравнения распространения излучения без рассеяния является асимптотическим разложением точного интегрального решения этого кинетического уравнения. Получен строгий вывод уравнения диффузионного приближения. Выведены важные для практического применения в расчетах распространения излучения уточненные граничные условия.

24.02-01.515 Оценка расстояния от центра Галактики до Солнца по цефеидам, расположенным близко к солнечному кругу. *Бобылев В.В. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 9, с. 581-588. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823090024.

24.02-01.516 Повторная симбиотическая новая τ Северной Короны перед вспышкой. *Масленникова Н.А., Татарников А.М., Татарникова А.А., Додин А.В., Шенаврин В.И., Бурлак М.А., Желтоузов С.Г., Страхов И.А. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 9, с. 589-604. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823090036.

24.02-01.517 Активность молодого аналога Солнца звезды HD 109833 и оценки потери вещества атмосфер двух ее планет. *Саванов И.С. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 9, с. 605-611. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823090048.

24.02-01.518 Маневр ухода из окрестности коллинеарной точки либрации при использовании сил светового давления. *Шиманчук Д.В., Шмыров А.С., Шмыров В.А. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 9, с. 612-622. Рус.

DOI: 10.31857/S032001082309005X.

24.02-01.519 Поиск вращающихся радиотранзиентов в Пушчинском многолучевом обзоре. *Тюльбашев С.А., Китаева М.А., Брылякова Е.А., Тюльбашев В.С., Тюльбашева Г.Э. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 10, с. 626-632. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823090061.

24.02-01.520 Обнаружение радиоизлучения от гаммаподобного гамма-пульсара J1836+5925. *Малофеев В.М., Малов О.И., Теплых Д.А., Тимиреева М.А. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 10, с. 633-640. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823100029.

24.02-01.521 Проверка гипотезы о существовании планеты, обращающейся вокруг пульсара B0329+54 (J0332+5434). *Потапов В.А., Андрианов С.А. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 10, с. 641-646. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823100066.

24.02-01.522 Эволюционный статус долгопериодических радиопульсаров. *Афонина М.Д., Вирюков А.В., Попов С.В. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 10, с. 647-653. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823090012.

24.02-01.523 Влияние искривления пространства на момент инерции магнитного поля пульсара. *Матевосян А.А., Барсуков Д.П. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 10, с. 654-660. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823100042.

24.02-01.524 Нейтронные звезды с максимальной массой — ключ к физике сверхплотного вещества. *Офенгейм Д.Д., Штернин П.С., Пиран Ц. Письма в Астрон. жс.* 2023. 49, № 10, с. 661-668. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823100054.

24.02-01.525 Наведенное магнитное поле в аккреционных дисках вокруг нейтронных звезд. *Кузин А.В.*

Письма в Астрон. ж. 2023. 49, № 10, с. 669-676. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823100017.

24.02-01.526 Гидродинамическое моделирование структуры аккреционного канала рентгеновского пульсара с учетом резонансного рассеяния. *Маркозов И.Д., Каминкер А.Д., Потезин А.Ю.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 10, с. 677-685. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823100030.

24.02-01.527 О влиянии магнитной турбулентности на спектры послесвечения гамма-всплесков. *Уваров Ю.А., Быков А.М.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 10, с. 686-692. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823100078.

24.02-01.528 Оптическое отождествление и спектроскопические измерения красных смещений 216 скопленных галактик из обзора всего неба SRG/eROSITA. *Зазнобин И.А., Буренин Р.А., Белинский А.А., Вижмаев И.Ф., Гильфанов М.Р., Додин А.В., Додонов С.Н., Еселевич М.В., Желтоухов С.Г., Иртуганов Э.Н., Котов С.С., Кривонос Р.А., Лыскова Н.С., Малыгин Е.А., Масленникова Н.А., Медведев П.С., Мещеряков А.В., Моисеев А.В., Опарин Д.В., Потанин С.А., Постнов К.А., Сазонов С.Ю., Сафонов В.С., Сахибуллин Н.А., Старобинский А.А., Сусликов М.В., Сюняев Р.А., Татарников А.М., Усков Г.С., Уклеин Р.И., Хабибуллин И.И., Хамитов И.М., Хорунжеев Г.А., Чуразов Е.М., Шабловинская Е.С., Шатский Н.И.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 695-716. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110104.

24.02-01.529 Рентгеновские свойства мощного квазара PG 1634+706 на $\zeta=1.337$ по данным обсерваторий SRG и ХММ им. Ньютона. *Усков Г.С., Сазонов С.Ю., Гильфанов М.Р., Лапшов И.Ю., Сюняев Р.А.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 717-734. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110098.

24.02-01.530 Обзор плоскости Галактики в области галактической долготы $L \approx 20^\circ$ телескопом ART-XC обсерватории SRG. Каталог источников. *Карасев Д.И., Семена А.Н., Мереминский И.А., Лутовинов А.А., Буренин Р.А., Кривонос Р.А., Сазонов С.Ю., Арефьев В.А., Бунтов М.В., Лапшов И.Ю., Левин В.В., Павлинский М.Н., Ткаченко А.Ю., Штыковский А.Е.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 735-745. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110037.

24.02-01.531 Новые карты межзвездного поглощения на основе данных Gaia и других обзоров неба. *Гончаров Г.А., Марчук А.А., Ховричев М.Ю., Мосенков А.В., Савченко С.С., Ильин В.В., Поляков Д.М., Смирнов А.А.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 746-770. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110025.

24.02-01.532 Исследование диска Ве-звезды в двойной массивной рентгеновской системе IGR J21343+4738. *Николаева Е.А., Бикмаев И.Ф., Иртуганов Э.Н., Горбачев М.А., Сусликов М.В., Гумеров Р.И., Сахибуллин Н.А.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 771-779. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110074.

24.02-01.533 Природа затемненного поляра 1RXS J184542.4+483134. *Кочкина В.Ю., Колбин А.И., Борисов Н.В., Бикмаев И.Ф.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 780-795. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110050.

24.02-01.534 Теоретические соотношения период—радиус и период—светимость Мирид с солнечной металличностью. *Фадеев Ю.А.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 796-805. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110013.

24.02-01.535 Расширение источника мягкого рентге-

новского излучения и "магнитная детонация" в солнечных вспышках. *Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 806-818. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110086.

24.02-01.536 Метод оценки пространственного периода энергосвечения в солнечных вспышках. *Леденцов Л.С.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 819-828. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110062.

24.02-01.537 Происхождение приповерхностного слоя неоднородного вращения Солнца. *Кичатинов Л.Л.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 11, с. 829-836. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823110049.

24.02-01.538 Реверберации пульсарной туманности в созвездии Парусов. *Петров А.Е., Левенфиш К.П., Пономарев Г.А.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 12, с. 839-848. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823120069.

24.02-01.539 Исследование ультраяркого рентгеновского источника VII Zw 403 ULX в рентгеновском и оптическом диапазонах. *Винокуров А.С., Атапин К.Е., Костенков А.Е., Соловьева Ю.Н.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 12, с. 849-858. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823120082.

24.02-01.540 Углы между магнитным моментом и осью вращения в радиопулсарах с жестким излучением. *Тимиркеева М.А., Малов И.Ф.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 12, с. 859-868. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823120070.

24.02-01.541 Влияние мелкомасштабного поля на нагрев полярной шапки радиопулсара J0901—4046. *Барсуков Д.П., Морозов И.К., Попов А.Н.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 12, с. 869-874. Рус.

DOI: 10.31857/S032001082312001X.

24.02-01.542 Токовый слой как оптимальный синхротронный мазер на радиопулсаре. *Корягин С.А.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 12, с. 875-881. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823120045.

24.02-01.543 Эффекты перестановочной неустойчивости при дисковой аккреции на нейтронные звезды с сильными магнитными полями. *Лисицин Д.Д., Шакурова Н.И.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 12, с. 882-887. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823120057.

24.02-01.544 Нейтринное излучение при сверхвспышках нейтронных звезд. *Каминкер А.Д., Потезин А.Ю., Яковлев Д.Г.* *Письма в Астрон. ж.* 2023. 49, № 12, с. 888-896. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010823120033.

24.02-01.545 Влияние светового давления и эффекта Ярковского на резонансное поведение астероидов с малыми перигелийными расстояниями. *Галушина Т.Ю., Летнер О.Н., Сюсина О.М.* *Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика.* 2023, № 85, с. 101-116. Рус.

На примере трех объектов с малыми перигелийными расстояниями (3200 Phaethon, 394130 2006 HY51, 137924 2000 BD19) проведено исследование влияния Ярковского и светового давления на орбитальную эволюцию астероидов. Показано, что данные возмущающие ускорения оказывают незначительное влияние на поведение большой полуоси и характеристик орбитальных резонансов, приводя к изменению расстояния до планет и количества сближений астероидов с ними. Возмущения не влияют на интервал предсказуемости движения и поведение характеристик апсидально-нодальных резонансов.

24.02-01.546 Нелинейное управление возвратом троса на эллиптической орбите. *Nonlinear Control of Tether Retrieval in an Elliptical Orbit.* *Ledkov A., Pikalov R.* *Russian*

journal of nonlinear dynamics. 2023. 19, № 2, с. 201-218. Англ.

Tether retrieval is an important stage in many projects using space tether systems. It is known that uniform retrieval is an unstable process that leads to the winding of the tether on a satellite at the final stage of retraction. This is a serious obstacle to the practical application of space tethers in the tasks of climbing payloads to a satellite and docking the spacecraft with a tethered satellite after its capture. The paper investigates the plane motion of a space tether system with a massless tether of variable length in an elliptical orbit. A new control law that ensures the retrieval of the tether without increasing the amplitude of oscillations at the final stage is proposed. The asymptotic stability of the space tether system's controlled motion in an elliptical orbit is proved. A numerical analysis of tether retrieval is carried out. The influence of the eccentricity of the orbit on the retrieval process is investigated. The results of the work can be useful in preparing missions of the active space debris removal and in performing operations involving tether retrieval. Keywords: space tether system, retrieval, nonlinear, control law, tether. DOI:10.20537/nd230401.

24.02-01.547 О движении парусного космического корабля по поручню, закрепленному на двух гелиоцентрических космических станциях. On a Sailed Spacecraft Motion along a Handrail Fixed to Two Heliocentric Space Stations. *Vaskova V.S., Rodnikov A.V. Russian journal of nonlinear dynamics*. 2023. 19, № 3, с. 359-370. Англ.

Motion of a particle modeling a spacecraft with a solar sail along a handrail joining two heliocentric space stations is considered under the assumption that the sail is a perfect reflecting plane that can be located at any angle with respect to the direction of solar rays, the particle does not leave the plane of the orbit of the stations, the handrail is a tether that realizes an ideal unilateral constraint whose boundary is some ellipse, and the particle motion is sufficiently fast with respect to the orbital motion of the stations to neglect noninertiality of the orbital frame of reference. The equations of particle motion are written in dimensionless form without parameters, and the existence of an energy integral for the case of the sail orientation depending only on the spacecraft location is established. This integral is used for complete integration of the equations of motion for the particle relocations along the constraint boundary. The optimal length of the tether for the fastest relocation of a particle between the most remote points of the constraint boundary is computed for the case of the sail being orthogonal to the solar rays throughout the motion. Such a relocation time is computed in dimensionless form and for some real and hypothetical situations. A set of pairs of points in the constraint boundary between which relocation along the constraint boundary with zero initial and final velocities and with the invariably oriented sail is possible is constructed depending on the eccentricity of the ellipse. The result is presented as several plots that illustrate the evolution of the pairs' regions as the eccentricity of the ellipse changes. Keywords: space tether system, handrail constraint, unilateral constraint, solar sail, heliocentric space station. DOI:10.20537/nd230802.

24.02-01.548 Удержание солнечного паруса вблизи треугольной точки либрации астероида в форме гантели или двойного астероида. Keeping a Solar Sail near the Triangular Libration Point of a Dumbbell-Shaped or Binary Asteroid. *Rodnikov A.V. Russian journal of nonlinear dynamics*. 2023. 19, № 4, с. 521-532. Англ.

The possibility of keeping a spacecraft with a solar sail near an unstable triangular libration point of a minor planet or a binary asteroid is studied under the assumption that only the gravitation and the solar radiation influence the spacecraft motion. The case where the solar sail orientation remains unchanged with respect to the frame of reference of the heliocentric orbit of the asteroid mass center is considered. This means that the angle between the solar sail normal and ecliptic, as well as the angle between this normal and the solar rays at the current point, does not change during the motion. The spacecraft equations of motion are deduced under assumptions of V.V. Beletsky's generalized restricted circular problem of three bodies, but taking into account the Sun radiation. The existence of a manifold of initial conditions for which it is possible to choose the normal direction that guarantees the spacecraft bounded motion near the

libration point is established. Moreover, the dimension of this manifold coincides with that of the phase space of the problem at which the libration point belongs to the manifold boundary. In addition, some proposals for stabilization of the spacecraft motions are formulated for trajectories beginning in the manifold. Keywords: solar sail, libration point, binary asteroid, three-body problem. DOI:10.20537/nd230801.

24.02-01.549 О построении аналитических моделей магнитного поля Меркурия по спутниковым данным. *Степанова И.Э., Ягола А.Г., Лукьяненко Д.В., Колотов И.И. Физика Земли*. 2023, № 6, с. 175-189. Рус.

Предложена новая методика аналитического описания магнитного поля Меркурия по данным спутниковых миссий на основе локальной и региональной версий метода линейных интегральных представлений. Обратная задача по нахождению источников поля редуцируется к решению плохо обусловленных систем линейных алгебраических уравнений с приближенно заданной правой частью. Построены карты изолиний z -компоненты вектора магнитной индукции в декартовой системе координат, жестко связанной с планетой, а также региональная S -аппроксимация радиальной компоненты поля. Приводятся результаты математического эксперимента по аналитическому продолжению магнитного поля в сторону источников.

24.02-01.550 Форбуш-понижения и геомагнитные возмущения: 1. События, связанные с разными типами солнечных и межпланетных источников. *Мелкумян А.А., Белов А.В., Шлык Н.С., Абунина М.А., Абуни А.А., Оленева В.А., Янке В.Г. Геомагнетизм и астрономия*. 2023. 63, № 6, с. 699-714. Рус.

Исследуются статистические связи между геомагнитными индексами и характеристиками космических лучей и межпланетных возмущений для Форбуш-понижений, связанных с: а) корональными выбросами массы из активных областей, сопровождавшимися солнечными вспышками; б) волоконными выбросами вне активных областей; в) высокоскоростными потоками из корональных дыр; г) несколькими источниками. Для спорадических Форбуш-понижений, с использованием статистических методов, сравнивается зависимость геомагнитных индексов от параметров космических лучей и солнечного ветра при наличии или отсутствии магнитного облака. Полученные результаты показали: а) самая высокая геоэффективность характерна для межпланетных возмущений, связанных с выбросами солнечного вещества из активных областей, при наличии магнитного облака; самая низкая — для рекуррентных возмущений; б) спорадические и рекуррентные события отличаются не только величиной геомагнитных индексов и южной компоненты магнитного поля, но и характером связи между ними; в) геоэффективность транзитных возмущений солнечного ветра зависит от наличия или отсутствия магнитного облака сильнее, чем от типа солнечного источника; г) для межпланетных возмущений, связанных с волоконными выбросами вне активных областей, при наличии магнитного облака геоэффективность зависит только от южной компоненты магнитного поля, для остальных типов возмущений — и от других параметров солнечного ветра.

24.02-01.551 Индекс солнечной активности для критической частоты E -слоя. *Демин М.Г., Бадин В.И., Демин Р.Г., Непомнящая Е.В. Геомагнетизм и астрономия*. 2023. 63, № 6, с. 815-821. Рус.

Индекс $P = (F_1 + F_{81})/2$ является оптимальным индексом солнечной активности для критической частоты E -слоя f_oE , где F_1 и F_{81} — поток радионизлучения Солнца на длине волны 10.7 см в данный день и среднее за 81 день значение этого потока, центрированное на данный день. Поэтому для вычисления $(F_{81}$ в данный день необходимо знание F_1 не только в этот и предыдущие дни, но и на 40 дней вперед. Вместо индекса F_{81} в задачах краткосрочного прогноза этого индекса может быть использован $F(27, 81)$ — средневзвешенный индекс солнечной активности с характерным временем 27 дней за данный и предыдущие 80 дней. Поэтому для вычисления индекса $F(27, 81)$ достаточно знания F_1 в данный день и предыдущие дни. В данной работе представлены первые оценки эффективности такой замены для f_oE . Для этого проанализированы изменения

точности расчетов f_{0E} при замене индекса P на $P^* = (F_1 + F(27, 81))/2$ в эмпирических моделях, построенных по данным f_{0E} ионосферных станций в дневные часы на средних и субэкваториальных широтах за 1959–1995 гг. Получено, что индексы P и P^* практически эквивалентны для вычисления f_{0E} по построенным эмпирическим моделям на этих широтах: разница коэффициентов вариации для f_{0E} не превышает 0.3% в каждый из сезонов на разных фазах солнечных циклов. Следовательно, индекс P^* может быть рекомендован для использования в задачах краткосрочного прогноза f_{0E} , поскольку он основан на индексах F_1 за данный и предыдущие дни в отличие от индекса P , для вычисления которого необходим прогноз F_1 на 40 дней вперед.

24.02-01.552 Инфракрасное свечение окиси азота в средней атмосфере Земли в событиях GLE 23-го солнечного цикла. Кириллов А.С., Белаховский В.В., Маурчев Е.А., Балабин Ю.В., Германенко А.В., Гвоздевский Б.В. *Геомагнетизм и аэрономия*. 2023. 63, № 6, с. 822–831. Рус.

Рассмотрена кинетика образования колебательно-возбужденных молекул $\text{NO}(X^2\Pi, v>0)$ на высотах средней атмосферы Земли во время высыпания высокоэнергичных протонов. Проведен расчет профилей интенсивностей свечения инфракрасных полос окиси азота 5.3 мкм и 2.7 мкм в случае высыпания в атмосферу Земли высокоэнергичных протонов во время событий GLE65, GLE67, GLE69, GLE70 23-го солнечного цикла. Расчеты показали, что наибольшие значения интегральной интенсивности свечения полос 5.3 мкм и 2.7 мкм получаются для GLE69 и составляют 5.7 кР (килорэлей) и 0.18 кР соответственно. Сравнение результатов расчета для полосы 5.3 мкм во время события GLE69 с экспериментальными данными, полученными с космического летательного аппарата TIMED 20 января 2005 г., показало завышение результатов расчета в два раза.

24.02-01.553 Соответствие горизонтов отложений, обогащенных космической пылью, экскурсам геомагнитного поля. Куражковский А.Ю., Цельмович В.А., Куражковская Н.А. *Геомагнетизм и аэрономия*. 2023. 63, № 6, с. 832–839. Рус.

Исследована связь между всплесковыми возрастаниями потоков пылевого космического вещества на земную поверхность (в основном предтавленными частицами самородных металлов) и поведением полярности главного геомагнитного поля. С этой целью проведен поиск горизонтов древних отложений с высокой концентрацией пылевого космического материала (превышающей фоновую концентрацию более чем на порядок). Такие повышенные концентрации пылевых космических частиц были обнаружены в отложениях торфа, соответствующих экскурсу Этруссия (2.5–3 тыс. лет назад), а также в древних морских отложениях мела и палеогена. Всего нами обнаружено 5 горизонтов с высокой концентрацией пылевого космического материала. Их мощности составляли до 1 м. Измерение палео- и петромагнитных параметров образцов, отобранных по мощности осадочных толщ, показало, что начало накопления этих горизонтов совпало с экскурсами геомагнитного поля. При этом процесс обогащения отложений пылевыми частицами мог продолжаться несколько дольше, чем длился экскурс геомагнитного поля. Получено свидетельство того, что столкновения Земли с плотными потоками космической пыли могли совпадать с кратковременными нарушениями полярности геомагнитного поля, но не оказывали продолжительного влияния на работу геодинамо.

24.02-01.554 Анализ целесообразности уточнения математической модели аэродинамического сопротивления при оптимизации управления вывода на низкую орбиту Земли малоразмерного спутника при горизонтальном старте. Мозжорина Т.Ю., Рожков А.А. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2023, № 8, с. 53–58. Рус.

Заключение. Показано, что использование уточненной модели аэродинамического сопротивления при рассматриваемой постановке задачи не дает существенного изменения результатов оптимизации управления вектором тяги. При решении подоб-

ных задач вертикального старта результат может качественно измениться. Полученные результаты по изменению величины аэродинамического сопротивления могут представлять интерес, например, для задач по исследованию нагрева носовой части ракеты, что не рассматривалось в данной работе. Следует отметить, что в математической модели не были учтены конструкторские ограничения, такие как допустимые углы поворота вектора тяги и прочностные ограничения. Линейная интерполяция коэффициента аэродинамического сопротивления и температуры воздуха по высоте не повлияла на сходимость метода Ньютона, хотя и связана с возникновением разрывов производных этих величин.

24.02-01.555 Оптимизация управления космическим аппаратом при перелете с орбиты Земли на орбиту Венеры под солнечным парусом. Мозжорина Т.Ю., Смирнов Е.А. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2023, № 11, с. 66–72. Рус.

Представляет интерес использование солнечного паруса в межпланетных перелетах. Возможность осуществления межпланетных перелетов без затрат топлива очень привлекательна, но возникает ряд проблем при ее реализации. Давление света мало и уменьшается при увеличении расстояния от Солнца. В силу этого размер солнечного паруса должен быть достаточно большим и он должен быть изготовлен из сверхлегкого материала. Первым успешным проектом был японский IKAROS, запущенный в 2010 г. Одним из успешных американских проектов является аппарат LightSail-2. Разработки солнечного паруса ведутся в настоящее время и в России. Появились работы по численному моделированию и оптимизации перелетов малых космических аппаратов (КА) под солнечным парусом или с использованием ионных двигателей в пределах Солнечной системы. Цель исследования — провести оптимизацию управления солнечным парусом в межорбитальном перелете между орбитами Земли и Венеры, тем самым проверить возможность осуществления перелета к планете, находящейся на более близкой к Солнцу орбите, при помощи солнечного паруса. Расчетное исследование планировалось провести, используя принцип максимума Понтрягина численным методом пристрелки. Постановка задачи оптимизации, математическое моделирование межорбитального перелета и применяемые численные методы. Задача оптимального управления (ОУ) углом солнечного паруса при движении КА в солнечной системе решается при использовании принципа максимума Понтрягина. Эта задача сводится к краевой задаче системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Для численного решения краевой задачи часто прибегают к методу вариации управлений. В данной работе был применен метод пристрелки. Метод пристрелки обладает рядом преимуществ и недостатков. С одной стороны, он наиболее точен при численном решении краевых задач, с другой — возникают определенные сложности при подборе начальных значений параметров пристрелки, особенно при размерности системы ДУ больше 4. Однако трудности в реализации этого расчетного метода при наличии опыта работы с методом Ньютона могут быть преодолены как для задач без ограничения на управление, так и для задач ОУ с переключением. Заключение. По результатам проведенного расчетного исследования может быть сделан вывод о возможности осуществления гелиоцентрической части перелета КА малой массы с орбиты Земли на орбиту Венеры при помощи солнечного паруса и найден закон оптимального управления углом установки паруса. Необходимо затормозить скорость движения КА по орбите, чтобы влияние силы притяжения Солнца привело к уменьшению расстояния от КА до Солнца. Для этого нужно установить солнечный парус при положительных углах по отношению к тангенциальной составляющей скорости КА. Подтверждена работоспособность численного метода решения краевых задач, метода пристрелки при решении задач ОУ с нелинейными системами ОДУ. Введенное ограничение на углы установки паруса не повлияло на результаты расчета.

24.02-01.556 Выявление неоднородной структуры надфотосферных образований по наблюдениям в пяти линиях водорода, гелия и кальция на примере протуберанца 22.10.2013. Малютин В.А., Белова О.М., Бычков К.В., Горшков А.Б., Куряков Ю.А. *Ученые записки*

физического ф-та МГУ. 2023, № 6, с. 2360801. Рус.

Приведены результаты расчетов излучения в спектральных линиях водорода, гелия и кальция по наблюдениям спокойного протуберанца, проведенных на горизонтальной солнечной установке HSFA-2 обсерватории Одржейов (Астрономический институт Чешской Академии наук). В ходе анализа наблюдений определены интегральные потоки в линиях. В рамках предположения о прозрачности протуберанца в непрерывном спектре оптического диапазона, но с учётом возможного самопоглощения в спектральных линиях, в модели нагретого газа вычислены параметры протуберанца путём сравнения теоретических потоков в спектральных линиях с наблюдаемыми. Сопоставление сразу по пяти линиям позволило с большой степенью уверенности восстановить параметры излучающего газа. В трёх эпизодах из четырёх наблюдения можно объяснить только при учёте неоднородности газа.

24.02-01.557 Множественная генерация образов в оптической модели детектора СФЕРА-3. Иванов В.А., Галжин В.И. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2023, № 6, с. 2360802. Рус.

Изучение происхождения и распространения космических лучей в диапазоне от 1 до 1000 ПэВ имеет важное значение. Разрабатывается новая установка СФЕРА-3 с более высокой светосилой и лучшим оптическим разрешением на основе опыта, полученного при эксплуатации аэростатной установки СФЕРА-2. В данной работе представлен моделирующий комплекс для генерации образов черенковского света на детекторной мозаике телескопа СФЕРА-3.

24.02-01.558 Перспективы использования кривошипно-коромысловых ударных механизмов С. Абдраимо-

ва в буровых автоматах-информаторах для космических исследований. Еремьянц В.Э. Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2023. 23, № 12, с. 79-87. Рус.

Приведена краткая история развития научного направления по созданию ручных ударных механизмов для бурения горных пород. Отмечены научные школы, занимающиеся в разное время разработкой кривошипно-коромысловых, кулачковых и электромагнитных ударных механизмов, перспективных для их использования в буровых автоматах-информаторах для исследования поверхностных слоев космических тел. Приведены результаты исследования и использования таких механизмов в опытных образцах буровых установок ЛБ09 и МБ02 для бурения скважин на поверхности Луны и Марса. Описаны новые кривошипно-коромысловые механизмы переменной структуры, разрабатываемые в Институте машиноведения и автоматике НАН КР и опробованные на практике на протяжении последних двух десятилетий. Обоснована перспективность их использования в буровых автоматах-информаторах для бурения скважин на поверхности космических тел.

См. также 24.02-01.1, 24.02-01.8К, 24.02-01.9К, 24.02-01.15, 24.02-01.20, 24.02-01.40, 24.02-01.156, 24.02-01.283, 24.02-01.284, 24.02-01.287, 24.02-01.371, 24.02-01.372, 24.02-01.373, 24.02-01.374, 24.02-01.375, 24.02-01.376, 24.02-01.377, 24.02-01.378, 24.02-01.379, 24.02-01.380, 24.02-01.381, 24.02-01.382, 24.02-01.383, 24.02-01.384, 24.02-01.385, 24.02-01.386, 24.02-01.387, 24.02-01.388, 24.02-01.389, 24.02-01.390, 24.02-01.391, 24.02-01.392, 24.02-01.393, 24.02-01.394, 24.02-01.395, 24.02-01.396, 24.02-01.397, 24.02-01.398, 24.02-01.399, 24.02-01.400

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- А**
Anbuselvan K.K.N. 24.02-01.38
- В**
Badiey M. 24.02-01.178
- С**
Chaurasiya V. 24.02-01.100
- Д**
Dimitrov D.L. 24.02-01.216
- Г**
Goroshko A. 24.02-01.45
Grigoryan E.R. 24.02-01.44
- Л**
Ledkov A. 24.02-01.546
- Р**
Pikalov R. 24.02-01.546
Prajapati A.K. 24.02-01.100
- Р**
Rodnikov A.V. 24.02-01.547,
24.02-01.548
- Т**
Tahsini A.M. 24.02-01.38
- У**
Vaskova V.S. 24.02-01.547
- У**
Yadawa P.K. 24.02-01.100
- З**
Zembytska M. 24.02-01.45
- А**
Абубекеров М.К. 24.02-01.491
Абунин А.А. 24.02-01.550
Абунина М.А. 24.02-01.550
Аверин С.В. 24.02-01.144
Агаев Э.А. 24.02-01.126
Агафонов В.М. 24.02-01.216
Агеева Е.Ю. 24.02-01.3К
Агеева Ю.А. 24.02-01.31
Агейкин Н.А. 24.02-01.70
Айвазян Ю.М. 24.02-01.43
Айрапетян А.А. 24.02-01.397
Айриян А. 24.02-01.438
Аккуратов В.И. 24.02-01.140
Аксенов А.В. 24.02-01.176
Аксенов С.П. 24.02-01.162,
24.02-01.163
Альварес Е. 24.02-01.453
Алгзин О.Д. 24.02-01.24
Александров В.А. 24.02-01.212
- Алексеев И.Ю. 24.02-01.479
Алексеев С.Г. 24.02-01.129,
24.02-01.136
Алексеева Н.В. 24.02-01.364
Алиевский М.Я. 24.02-01.101
Алтынцев А.Т. 24.02-01.457
Алышов С.А. 24.02-01.487
Альварес К.Д. 24.02-01.445
Альварес-Кастильо Д. 24.02-01.438
Амелюшкин А.М. 24.02-01.374
Андреев О.А. 24.02-01.191
Андреева Т.С. 24.02-01.408,
24.02-01.482
Андрианов С.А. 24.02-01.521
Андрущенко В.А. 24.02-01.23,
24.02-01.427, 24.02-01.429
Анисимкин В.И. 24.02-01.70,
24.02-01.131
Анисимов И.М. 24.02-01.158,
24.02-01.188, 24.02-01.228,
24.02-01.246
Аносов А.А. 24.02-01.11
Антонов С.И. 24.02-01.4К,
24.02-01.7К
Антохин И.И. 24.02-01.475
Антохина Э.А. 24.02-01.475
Антропов С.Ю. 24.02-01.407
Аптикаева О.И. 24.02-01.272
Арбузова Е.В. 24.02-01.384
Арефьев В.А. 24.02-01.530
Аристархов С.К. 24.02-01.395
Архангельский В.В. 24.02-01.139
Архаров А.А. 24.02-01.493
Асеев Е.М. 24.02-01.351
Асиновский Э.И. 24.02-01.114
Атаджанова О.А. 24.02-01.179,
24.02-01.192
Атанов Н.В. 24.02-01.339
Атапин К.Е. 24.02-01.539
Афанасьева С.А. 24.02-01.98
Афонина М.Д. 24.02-01.522
Ахмедов Р.А. 24.02-01.126
Ахунзянова К.А. 24.02-01.302
Ахунов А.А. 24.02-01.80
Аюков С.В. 24.02-01.495
- Б**
Бабарыкина А.И. 24.02-01.347
Бабина Е.В. 24.02-01.418
Бадин В.И. 24.02-01.551
Бадулин С.И. 24.02-01.185
Баженов В.Г. 24.02-01.274
Баженова Т.В. 24.02-01.266
Бажлекова Е. 24.02-01.297
Базилевская Г.А. 24.02-01.456
Базулин Е.Г. 24.02-01.203,
24.02-01.204
Байкова А.Т. 24.02-01.415
Байшев Д.Г. 24.02-01.465
Бакланов П.В. 24.02-01.416
Бакуменко С.А. 24.02-01.242
Балабин Ю.В. 24.02-01.552
Балалаев Ю.Ф. 24.02-01.102
Балышева О.Л. 24.02-01.42,
24.02-01.319
Бамматов Т.А. 24.02-01.354
Барат В.А. 24.02-01.360
Барсуков Д.П. 24.02-01.523,
24.02-01.541
Басов В.В. 24.02-01.211
Батанов А.К. 24.02-01.229,
24.02-01.251, 24.02-01.252
- Батенин В.М. 24.02-01.120
Батшев В.И. 24.02-01.141
Бедняков И.В. 24.02-01.339
Бейзель С.А. 24.02-01.167
Бекесов Е.В. 24.02-01.491
Белаховский В.Б. 24.02-01.552
Беленькая Е.С. 24.02-01.490
Белецкий Е.Н. 24.02-01.350
Белинский А.А. 24.02-01.528
Белов А.В. 24.02-01.550
Белов И.О. 24.02-01.469
Белов Н.Н. 24.02-01.347
Белов С.А. 24.02-01.513
Белова О.М. 24.02-01.556
Белоусова А.С. 24.02-01.144
Беляев Д.А. 24.02-01.20
Беляев Ю.Н. 24.02-01.26
Бердников Л.Н. 24.02-01.417
Бережко П.Г. 24.02-01.357
Березин В.А. 24.02-01.387
Бернс Р.К. 24.02-01.433
Бестугин А.Р. 24.02-01.139
Бибииков Н.Г. 24.02-01.322
Бикмаев И.Ф. 24.02-01.528,
24.02-01.532, 24.02-01.533
Биленький С.М. 24.02-01.444
Бирюков А.В. 24.02-01.522
Бирюков В.В. 24.02-01.128
Бисикало Д.В. 24.02-01.492,
24.02-01.505
Благов А.Е. 24.02-01.140
Бобров А.Н. 24.02-01.267
Бобылев В.В. 24.02-01.415,
24.02-01.515
Богачев С.А. 24.02-01.434,
24.02-01.513
Богаченков А.Н. 24.02-01.127,
24.02-01.349
Богданов Т.К. 24.02-01.253,
24.02-01.335
Богод В.М. 24.02-01.425
Богомолов А.В. 24.02-01.374
Богомолов В.В. 24.02-01.374
Богоутдинов Ш.Р. 24.02-01.469
Боев А.В. 24.02-01.234
Бойко В.М. 24.02-01.362
Болотников А.И. 24.02-01.350
Бондаренко И.Ф. 24.02-01.275
Борисов А.С. 24.02-01.361
Борисов Н.В. 24.02-01.533
Борисов С.В. 24.02-01.219
Борисова А.Ю. 24.02-01.361
Боритко С.В. 24.02-01.141
Боровик А.В. 24.02-01.460
Бородин М.А. 24.02-01.226
Бородкова Н.Л. 24.02-01.462
Ботвина Л.Р. 24.02-01.350
Бочкарёв С.А. 24.02-01.41,
24.02-01.54
Бритенков А.К. 24.02-01.214
Бродский Б.М. 24.02-01.229,
24.02-01.251, 24.02-01.252
Брылякова Е.А. 24.02-01.519
Брысин А.Н. 24.02-01.298,
24.02-01.299
Брянцева Т.А. 24.02-01.121
Бугнер Р.Е. 24.02-01.433
Будагов Ю.А. 24.02-01.339
Булатов В.В. 24.02-01.160
Булатов К.М. 24.02-01.125
Булатов М.Ф. 24.02-01.132
Булатова З.А. 24.02-01.146
Булгаков К.Ю. 24.02-01.175

Булычев Н.А. 24.02-01.105,
24.02-01.106
Булук А.Н. 24.02-01.144
Бунтов М.В. 24.02-01.530
Буракова Е.А. 24.02-01.341
Буренин Р.А. 24.02-01.528,
24.02-01.530
Буркин В.В. 24.02-01.98,
24.02-01.347, 24.02-01.348
Бурков А.С. 24.02-01.267
Бурлак М.А. 24.02-01.419,
24.02-01.516
Бурлаков А.Б. 24.02-01.127,
24.02-01.349
Бурсов Н.Н. 24.02-01.412
Бучельникова Н.С. 24.02-01.109
Буянов А.П. 24.02-01.212,
24.02-01.250, 24.02-01.331
Быков А.А. 24.02-01.125
Быков А.М. 24.02-01.527
Быков В.Ю. 24.02-01.408
Бычков К.В. 24.02-01.556

В

Вакс В.Л. 24.02-01.128
Вальтц И.Е. 24.02-01.506
Ванг П. 24.02-01.483
Васильев Е.Н. 24.02-01.61
Васильев И.Н. 24.02-01.27,
24.02-01.29, 24.02-01.84
Ватульян А.О. 24.02-01.48,
24.02-01.123
Вдовин А.И. 24.02-01.446,
24.02-01.447, 24.02-01.448
Веденов А.А. 24.02-01.119
Веласко-Айа Е. 24.02-01.453
Верещагин С.В. 24.02-01.511
Верич Ю.Б. 24.02-01.424
Вернов С.Ю. 24.02-01.441
Верходанов О.В. 24.02-01.16
Виноградов А.В. 24.02-01.217,
24.02-01.295
Винокуров А.С. 24.02-01.539
Винокуров Д.Л. 24.02-01.151
Витушкин Л.Ф. 24.02-01.409
Владимиров Ю.В. 24.02-01.160
Власюк В.В. 24.02-01.413
Вожик А.А. 24.02-01.364
Войтов А.А. 24.02-01.224,
24.02-01.225
Волгин П.Н. 24.02-01.248
Волк Г.М. 24.02-01.262
Волков А.Ю. 24.02-01.187
Волков К.Н. 24.02-01.37
Волков М.В. 24.02-01.171
Волков П.В. 24.02-01.360
Волкова А.А. 24.02-01.294
Волченко А.Г. 24.02-01.365
Вольвач А.Е. 24.02-01.413
Вольвач Л.Н. 24.02-01.413
Воробей С.Н. 24.02-01.36
Воробьев А.П. 24.02-01.134
Воробьев Э.И. 24.02-01.510
Воронин А.В. 24.02-01.227
Воронин В.А. 24.02-01.227,
24.02-01.244
Воронков М.А. 24.02-01.507
Воронова Н.В. 24.02-01.70
Вохмин П.А. 24.02-01.118,
24.02-01.120

Г

Габор Б.Г. 24.02-01.438

Газизуллин Р.К. 24.02-01.51
Галажинский А.В. 24.02-01.381
Галазутдинов Г.А. 24.02-01.418
Галий С.Н. 24.02-01.234
Галкин В.И. 24.02-01.557
Галугин В.З. 24.02-01.262
Галушина Т.Ю. 24.02-01.545
Ганефельд Р.В. 24.02-01.116
Гапонов С.А. 24.02-01.269
Гасанов А.Р. 24.02-01.126
Гасанов Р.А. 24.02-01.126
Гасников О.А. 24.02-01.166
Гафиятов Р.Н. 24.02-01.63
Гвоздецкий Б.Б. 24.02-01.552
Гельфанд Б.Е. 24.02-01.90
Герасимов В.В. 24.02-01.320
Герлига В.А. 24.02-01.147
Германенко А.В. 24.02-01.552
Герус А.В. 24.02-01.320
Гессен В.Р. 24.02-01.232
Гильфанов М.Р. 24.02-01.528,
24.02-01.529
Гималтдинов И.К. 24.02-01.22,
24.02-01.66, 24.02-01.69,
24.02-01.75
Глаголев В.В. 24.02-01.339
Гладилин А.В. 24.02-01.263
Гладышева Ю.Г. 24.02-01.505
Глазов Е.Ю. 24.02-01.407
Глухова А.В. 24.02-01.314
Глушков Е.В. 24.02-01.153,
24.02-01.317
Глушков И.С. 24.02-01.82,
24.02-01.112
Глушкова Н.В. 24.02-01.153,
24.02-01.317
Годзиашвили Г.Ю. 24.02-01.223
Голдовский В.З. 24.02-01.217
Головешкин В.А. 24.02-01.23,
24.02-01.427
Голуб В.В. 24.02-01.266
Голубев А.Г. 24.02-01.195
Голубев В.С. 24.02-01.117
Голубев С.А. 24.02-01.364
Голубь А.П. 24.02-01.287
Гончар А.В. 24.02-01.138,
24.02-01.152
Гончаров Г.А. 24.02-01.531
Горбацкий В.В. 24.02-01.366
Горбачев М.А. 24.02-01.532
Горбачев Р.И. 24.02-01.207
Горбовской Е.С. 24.02-01.374
Горбунов А.Е. 24.02-01.267
Горда С.Ю. 24.02-01.476
Гордеев И.С. 24.02-01.443
Горевой А.В. 24.02-01.141
Горелов А.А. 24.02-01.222
Горланов Н.Е. 24.02-01.220
Горшанов Д.Л. 24.02-01.493
Горшков А.Б. 24.02-01.556
Гостев Н.Ю. 24.02-01.491
Гравин В.О. 24.02-01.241
Греков А.Н. 24.02-01.255
Гренков С.А. 24.02-01.402,
24.02-01.425
Григорьев А.Г. 24.02-01.187
Григорьев В.А. 24.02-01.169
Григорьев В.М. 24.02-01.458
Григорьева И.Ю. 24.02-01.535
Гриненков А.В. 24.02-01.229,
24.02-01.251
Гринин В.П. 24.02-01.493
Гринюк А.В. 24.02-01.184
Гриценко В.А. 24.02-01.219,
24.02-01.324

Гришин С.А. 24.02-01.267
Грудзинская И.С. 24.02-01.151
Губайдуллин Д.А. 24.02-01.63,
24.02-01.65, 24.02-01.67,
24.02-01.68
Губин С.А. 24.02-01.90
Гуенделман Е.М. 24.02-01.454
Гузевич С.Н. 24.02-01.338
Гулард Р. 24.02-01.433
Гулин О.Э. 24.02-01.170
Гульельми А.В. 24.02-01.398
Гумеров Р.И. 24.02-01.532
Гурьлева А.В. 24.02-01.127
Гусев О.И. 24.02-01.35, 24.02-01.167
Гусейнова Ф.С. 24.02-01.487

Д

Д'Абрамо Дж. 24.02-01.393
Де Мелло Нето Ж.Р.Т. 24.02-01.389
Девятова Е.В. 24.02-01.470
Дежкунов Н.В. 24.02-01.73
Дежникова И.Ю. 24.02-01.364
Дейч М.Е. 24.02-01.83
Деменик И.В. 24.02-01.111
Деминов М.Г. 24.02-01.551
Деминов Р.Г. 24.02-01.551
Демянский М. 24.02-01.501
Дехтярь Р.А. 24.02-01.72
Дещеревская Е.В. 24.02-01.280
Джанг Дж.С. 24.02-01.483
Джанг Ж.Б. 24.02-01.483
Джигоев А.А. 24.02-01.446,
24.02-01.447, 24.02-01.448
Ди Джироламо Б. 24.02-01.339
Диденкулова Е.Г. 24.02-01.79
Димитриева С.Е. 24.02-01.106
Длужневская О.Б. 24.02-01.488
Дмитриев М.В. 24.02-01.157
Дмитриенко Е.С. 24.02-01.484,
24.02-01.509
Добриков В.В. 24.02-01.87
Добровольский М.Н. 24.02-01.469
Доброленский Ю.С. 24.02-01.20
Додин А.В. 24.02-01.417,
24.02-01.516, 24.02-01.528
Додонов С.Н. 24.02-01.528
Докучаев В.И. 24.02-01.387
Долгих Г.И. 24.02-01.283
Долгих С.Г. 24.02-01.283
Долгов А.Д. 24.02-01.384
Долгов А.Н. 24.02-01.237
Долгушев А.В. 24.02-01.405
Долин Л.С. 24.02-01.183
Доля В.К. 24.02-01.233, 24.02-01.234
Домбек Е.М. 24.02-01.507
Донг С.Ф. 24.02-01.483
Дорожко В.М. 24.02-01.329
Доронин С.В. 24.02-01.300
Дорофеев Д.А. 24.02-01.463
Дорошкевич А. 24.02-01.501
Драченко В.Н. 24.02-01.218,
24.02-01.239
Дремов В.В. 24.02-01.477,
24.02-01.500
Дремова Г.Н. 24.02-01.477,
24.02-01.500
Дробан Н.В. 24.02-01.87
Дробышев Н.В. 24.02-01.399
Дробязко С.В. 24.02-01.119
Дубинов А.Е. 24.02-01.107
Дудко Д.И. 24.02-01.366
Дутова О.С. 24.02-01.92
Дьяков А.А. 24.02-01.408
Дьячковский А.С. 24.02-01.98,

24.02-01.348
Дюкина Н.С. **24.02-01.274**

Е

Егоров Е.В. **24.02-01.216**
Егоров И.В. **24.02-01.145**
Егоров К.Л. **24.02-01.175**
Егоров С.Б. **24.02-01.207**
Емельяненко В.Ф. **24.02-01.238**
Емельянов В.Н. **24.02-01.37**
Емельянов Е.В. **24.02-01.413**
Емельянов Э.В. **24.02-01.424**
Еняков А.М. **24.02-01.259**
Еремин А.А. **24.02-01.153,**
24.02-01.317
Еремьянц В.Э. **24.02-01.558**
Еретнова О.В. **24.02-01.478**
Ермаков Г.В. **24.02-01.91**
Ермакова Л.В. **24.02-01.458**
Ермолаев В.И. **24.02-01.155**
Ермолаев М.Ю. **24.02-01.462**
Ермолаев Э.В. **24.02-01.243**
Ермолаев Ю.И. **24.02-01.462**
Ермолаева Г.К. **24.02-01.135**
Ероленко О.А. **24.02-01.317**
Ерофеев В.И. **24.02-01.49,**
24.02-01.271, 24.02-01.355
Ерошенко Ю.Н. **24.02-01.387,**
24.02-01.497
Еселевич М.В. **24.02-01.528**
Есипов И.Б. **24.02-01.173**
Ефимик В.А. **24.02-01.301**
Ефимов Д.Ю. **24.02-01.25**
Ефимова Н.В. **24.02-01.493**
Ечестов В.А. **24.02-01.416**

Ж

Жамков А.С. **24.02-01.495**
Жгут Д.А. **24.02-01.360**
Жданов А.А. **24.02-01.460**
Жегулин Г.В. **24.02-01.179,**
24.02-01.180
Жеканис Г.В. **24.02-01.413**
Жеканис П.Г. **24.02-01.413**
Железный В.Б. **24.02-01.208,**
24.02-01.209
Желтоухов С.Г. **24.02-01.417,**
24.02-01.516, 24.02-01.528
Желтухин А.А. **24.02-01.388**
Желязов Т. **24.02-01.297**
Жилкин А.Г. **24.02-01.505**
Жоробекова Ш.Ж. **24.02-01.104**
Жуков А.О. **24.02-01.488**
Жуков В.Б. **24.02-01.221**

З

Заболотный И.А. **24.02-01.369**
Забродина О.Ю. **24.02-01.357**
Завершинский Д.И. **24.02-01.513**
Завольский Н.А. **24.02-01.182**
Зазнобин И.А. **24.02-01.528**
Зайцев Б.Д. **24.02-01.77**
Зайцев Д.Л. **24.02-01.216**
Зайцева Т.А. **24.02-01.352**
Заргано Г.Ф. **24.02-01.137**
Заринов Р.Г. **24.02-01.67**
Заринов Р.Р. **24.02-01.65**
Заславский В.Ю. **24.02-01.168,**
24.02-01.273
Заславский Ю.М. **24.02-01.168,**
24.02-01.273

Захаров А.Ф. **24.02-01.442,**
24.02-01.450
Захаров Ю.Н. **24.02-01.293**
Звегинцев В.И. **24.02-01.39**
Землянуха П.М. **24.02-01.507**
Земсков А.В. **24.02-01.58**
Зенкина А.А. **24.02-01.144**
Зенченко Е.В. **24.02-01.344**
Зенченко П.Е. **24.02-01.344**
Зенченко С.С. **24.02-01.194**
Зилинберг А.Ю. **24.02-01.224,**
24.02-01.225
Зимин А.В. **24.02-01.179,**
24.02-01.180, 24.02-01.192
Зимин А.И. **24.02-01.293**
Зимовец И.В. **24.02-01.499**
Зинин П.В. **24.02-01.125**
Зиновьева Т.В. **24.02-01.281**
Зинченко Г.О. **24.02-01.430**
Зозуля М.В. **24.02-01.353**
Золотарёв Р.В. **24.02-01.485**
Зотов О.Г. **24.02-01.361**
Зродникова Н.М. **24.02-01.120**
Зыкова Л.А. **24.02-01.127**

И

Ивакин Я.А. **24.02-01.154,**
24.02-01.249, 24.02-01.255,
24.02-01.264, 24.02-01.370
Иванов В.А. **24.02-01.557**
Иванов В.П. **24.02-01.482**
Иванов В.Р. **24.02-01.441**
Иванов Д.В. **24.02-01.408**
Иванов И.А. **24.02-01.350**
Иванов М.П. **24.02-01.325**
Иванов Н.М. **24.02-01.337**
Иванов П.Б. **24.02-01.437**
Извекова Ю.Н. **24.02-01.287**
Ильин В.Б. **24.02-01.531**
Ильин Г.Н. **24.02-01.408**
Ильин Н.В. **24.02-01.466**
Иляхинский А.В. **24.02-01.355**
Иляхинский И.А. **24.02-01.355**
Индейцев Д.А. **24.02-01.55**
Иони Ю.В. **24.02-01.106**
Иосилевский И.Л. **24.02-01.13**
Ипатов А.В. **24.02-01.408,**
24.02-01.482
Иртуганов Э.Н. **24.02-01.528,**
24.02-01.532
Исаев А.Е. **24.02-01.43, 24.02-01.258,**
24.02-01.328
Исаев Е.А. **24.02-01.405**
Исаева А.В. **24.02-01.343**
Исмагилов Р.Г. **24.02-01.91**
Исмаилов М.А. **24.02-01.97**
Исмаилов Н.З. **24.02-01.487**
Исмаилова Ш.К. **24.02-01.487**
Исматуллаев П.Р. **24.02-01.346**
Ищенко А.Н. **24.02-01.98,**
24.02-01.347, 24.02-01.348
Июдин А.Ф. **24.02-01.374**

К

Кабанцова О.И. **24.02-01.330**
Каган Б.А. **24.02-01.165**
Каддо М.Б. **24.02-01.315**
Казаков В.И. **24.02-01.139**
Казаков Ю.В. **24.02-01.212,**
24.02-01.331, 24.02-01.333
Казеннов А.Ю. **24.02-01.188**
Казначеев И.В. **24.02-01.33**
Казначеева Е.С. **24.02-01.178**

Калашников Е.В. **24.02-01.351**
Калашников С.А. **24.02-01.250**
Каленский С.В. **24.02-01.504**
Калинин М.С. **24.02-01.456**
Калинина В.И. **24.02-01.186**
Калинкин К.Д. **24.02-01.469**
Калинников Ю.К. **24.02-01.20**
Калинов М.И. **24.02-01.156**
Калминский Б.Г. **24.02-01.254**
Камбарова Г.Б. **24.02-01.104**
Каменских А.О. **24.02-01.57**
Каминкер А.Д. **24.02-01.526,**
24.02-01.544
Канунов А.Е. **24.02-01.357**
Капустин С.А. **24.02-01.128**
Карасев Д.И. **24.02-01.530**
Карауш А.А. **24.02-01.407**
Карачевцева М.В. **24.02-01.144**
Караченцев И.Д. **24.02-01.414**
Кареев Ю.А. **24.02-01.82,**
24.02-01.112
Карпенко А.Г. **24.02-01.37**
Карпешин Ф.Ф. **24.02-01.409**
Карцева Т.И. **24.02-01.343**
Каршенбойм С.Г. **24.02-01.378**
Касаткин Б.А. **24.02-01.164,**
24.02-01.240
Касаткин С.Б. **24.02-01.164,**
24.02-01.240
Катков И.Ю. **24.02-01.417**
Кацев Ю.В. **24.02-01.401**
Кацова М.М. **24.02-01.512**
Кашафдинов И.Ф. **24.02-01.357**
Кенигсбергер Г.В. **24.02-01.173**
Кенько З.В. **24.02-01.496**
Керник А. **24.02-01.304**
Керник А.Г. **24.02-01.309**
Кешков Д.И. **24.02-01.288**
Киверин А.Д. **24.02-01.74**
Кикнадзе О.Е. **24.02-01.188**
Кириллин М.Ю. **24.02-01.183**
Кириллов А.С. **24.02-01.552**
Кириченко А.С. **24.02-01.434**
Китаев И.Н. **24.02-01.107**
Китаева М.А. **24.02-01.519**
Китанов М.Ю. **24.02-01.288**
Кихтенко В.А. **24.02-01.167**
Кичагинов Л.Л. **24.02-01.537**
Клемешов Ю.В. **24.02-01.339**
Климанов С.А. **24.02-01.493**
Климовский И.И. **24.02-01.118,**
24.02-01.120
Климушкин Д.Ю. **24.02-01.464**
Клочкова В.Г. **24.02-01.508**
Клюшников В.А. **24.02-01.138**
Клячкин А.В. **24.02-01.59**
Книжников В.Н. **24.02-01.119**
Князев А.Ю. **24.02-01.417**
Ковалев Ю.А. **24.02-01.413**
Ковалев Ю.Ю. **24.02-01.413**
Ковалева Д.А. **24.02-01.480**
Ковалевич С.В. **24.02-01.275**
Ковалевский Н.Г. **24.02-01.248**
Коваленко В.В. **24.02-01.197**
Коваль В.В. **24.02-01.401**
Ковальчук М.В. **24.02-01.140**
Коварская Е.З. **24.02-01.336**
Ковзель Д.Г. **24.02-01.219**
Ковтун Н.С. **24.02-01.313**
Когарко С.М. **24.02-01.90**
Кожевников В.П. **24.02-01.479**
Кожевников Ю.А. **24.02-01.358**
Кожевникова А.В. **24.02-01.479**
Кожевникова Я.А. **24.02-01.229,**
24.02-01.251

- Кожурин А.И. 24.02-01.286
Козлов А.Б. 24.02-01.141
Козлов С.И. 24.02-01.467
Козлов Ю.Н. 24.02-01.342
Койгеров А.С. 24.02-01.42,
24.02-01.319
Кокорина А.В. 24.02-01.79
Кокоскин А.В. 24.02-01.318
Колбин А.И. 24.02-01.533
Колесников А.В. 24.02-01.428
Колесников В.К. 24.02-01.133
Колесов Д.А. 24.02-01.271
Колотов И.И. 24.02-01.549
Колышницын В.А. 24.02-01.295
Комаров С.Г. 24.02-01.60, 24.02-01.92
Комоцкий В.А. 24.02-01.122
Кондаков Е.В. 24.02-01.337
Кондратьев В.Н. 24.02-01.373
Конешов В.Н. 24.02-01.399
Коновалов В.Е. 24.02-01.155
Коновалов В.Н. 24.02-01.187
Консон А.Д. 24.02-01.294
Коньков А.А. 24.02-01.268
Конюченко Г.В. 24.02-01.148
Копаев А.В. 24.02-01.24
Копытенко Ю.А. 24.02-01.367,
24.02-01.368
Кораблев Е.М. 24.02-01.320
Кораблёв О.И. 24.02-01.20
Коренбаум В.И. 24.02-01.329,
24.02-01.330
Корецкая А.С. 24.02-01.257
Корнев А.Ф. 24.02-01.401
Корнеев А.Ю. 24.02-01.224,
24.02-01.225
Корнеев Ю.А. 24.02-01.224,
24.02-01.225
Коровайцева Е.А. 24.02-01.297
Коровина Ю.В. 24.02-01.373
Королева М.Р. 24.02-01.30
Корольков З.А. 24.02-01.187
Коротаев В.Н. 24.02-01.193
Коротков В.А. 24.02-01.318
Коротков Н.А. 24.02-01.295
Корогоякский А.В. 24.02-01.233
Корягин С.А. 24.02-01.542
Косарев Г.В. 24.02-01.164
Косовичев А.Г. 24.02-01.499
Костенков А.Е. 24.02-01.539
Костив А.Е. 24.02-01.329,
24.02-01.330
Котов В.М. 24.02-01.144
Котов С.С. 24.02-01.528
Кочанова Е.Ю. 24.02-01.22
Кочетов О.Ю. 24.02-01.262
Кочкина В.Ю. 24.02-01.533
Кравченко В.Н. 24.02-01.184,
24.02-01.191
Кравченко Е.В. 24.02-01.413,
24.02-01.502
Крайнев М.Б. 24.02-01.456
Крайнов А.Б. 24.02-01.191
Красников Н.В. 24.02-01.386,
24.02-01.452
Краснов А.В. 24.02-01.336
Краснов В.С. 24.02-01.236
Краснощёров А.В. 24.02-01.339
Креловски Я. 24.02-01.418
Криволицкая Т.А. 24.02-01.354
Кривонос Р.А. 24.02-01.528,
24.02-01.530
Кротова Е.В. 24.02-01.352
Круглов Н.Ю. 24.02-01.214
Кружилин Н.А. 24.02-01.115
Кудрявцев А.Н. 24.02-01.174
Кудрявцев Д.О. 24.02-01.420
Кудряшова А.А. 24.02-01.412,
24.02-01.413
Куземский А.Л. 24.02-01.392
Кузин А.В. 24.02-01.525
Кузин С.В. 24.02-01.434
Кузнецов А.А. 24.02-01.357
Кузнецов Г.Н. 24.02-01.162,
24.02-01.190, 24.02-01.206,
24.02-01.218, 24.02-01.239,
24.02-01.288
Кузнецов М.Ю. 24.02-01.235,
24.02-01.236
Кузнецов С.И. 24.02-01.259
Кузнецова Е.А. 24.02-01.374
Кузнецова И.Е. 24.02-01.131
Кузькин А.М. 24.02-01.339
Кузькин В.М. 24.02-01.33,
24.02-01.178, 24.02-01.206
Кузьмин А.А. 24.02-01.229,
24.02-01.251, 24.02-01.252
Кулак Г.В. 24.02-01.142
Кунавин С.М. 24.02-01.357
Куневич А.В. 24.02-01.214
Купряков Ю.А. 24.02-01.556
Куражковская Н.А. 24.02-01.553
Куражковский А.Ю. 24.02-01.553
Курашкин К.В. 24.02-01.152
Курдубов С.Л. 24.02-01.403
Куркин В.И. 24.02-01.466
Курлюк Е.А. 24.02-01.73
Кутаков С.И. 24.02-01.288
Кучер К.М. 24.02-01.171
Кушнарев Д.С. 24.02-01.461
Кушнерев Д.Н. 24.02-01.214
Кыонг Дао Кьен 24.02-01.352
- Л**
- Лабутина М.С. 24.02-01.196
Ламека А.П. 24.02-01.234
Ланской Д.Е. 24.02-01.391
Лашшов И.Ю. 24.02-01.529,
24.02-01.530
Ларионов В.М. 24.02-01.493
Ларичев В.А. 24.02-01.187
Ларченкова Т. 24.02-01.501
Лебедев В.Ф. 24.02-01.117
Лебедев М.К. 24.02-01.425
Лебедева Е.С. 24.02-01.366
Лев Ф.М. 24.02-01.383
Левенфиш К.П. 24.02-01.538
Левин В.В. 24.02-01.530
Левченко Д.Г. 24.02-01.185
Левченков А.М. 24.02-01.53
Легуша Ф.Ф. 24.02-01.161,
24.02-01.336
Леденцов Л.С. 24.02-01.513,
24.02-01.536
Лекомцев С.В. 24.02-01.54,
24.02-01.57
Лелюх П.Ю. 24.02-01.316
Лемещенко А.В. 24.02-01.354
Ленькин А.И. 24.02-01.353
Леонтьева А.В. 24.02-01.271
Лепихин С.А. 24.02-01.66,
24.02-01.69, 24.02-01.75
Лесин А.В. 24.02-01.188
Лесонен Д.Н. 24.02-01.187
Летнер О.Н. 24.02-01.545
Ли Д. 24.02-01.483
Ли Н.С. 24.02-01.285
Ли С.Ц. 24.02-01.483
Либенсон Е.Б. 24.02-01.198
Ливенец З.Д. 24.02-01.503
Лидванский А.С. 24.02-01.15
Липеровская Е.В. 24.02-01.279
Липунов В.М. 24.02-01.374
Лисенкова Е.Е. 24.02-01.49
Лисицин Д.Д. 24.02-01.543
Литвинюк Д.А. 24.02-01.193
Лобанов Д.С. 24.02-01.345
Лободин И.Е. 24.02-01.159,
24.02-01.200
Логвиненко С.В. 24.02-01.405
Лодкина И.Г. 24.02-01.462
Ломоносов В.А. 24.02-01.141
Ломская И. 24.02-01.390
Лосев Г.И. 24.02-01.210
Лотов В.В. 24.02-01.362
Луговский А.Ю. 24.02-01.503
Лузанов В.А. 24.02-01.129
Лукин А.В. 24.02-01.55
Лукин В.Ф. 24.02-01.201
Лукин Г.С. 24.02-01.210,
24.02-01.259
Лукьяненко Д.В. 24.02-01.549
Лункин Н.В. 24.02-01.365
Луньков А.А. 24.02-01.171
Лутовинов А.А. 24.02-01.530
Лучинин А.Г. 24.02-01.183
Лыскова Н.С. 24.02-01.528
Львов К.П. 24.02-01.256
Ляблин М.В. 24.02-01.339
Ляхов А.Н. 24.02-01.467
- М**
- Магомедов А.-М.А. 24.02-01.95,
24.02-01.96, 24.02-01.97
Мажуль И.И. 24.02-01.99
Мазур М.М. 24.02-01.124
Майзель А.Б. 24.02-01.288
Макаров А.Б. 24.02-01.354
Макаров Г.А. 24.02-01.465
Макаров Д.И. 24.02-01.414
Макаров М.М. 24.02-01.171
Макоев Г.А. 24.02-01.410
Максимов А.О. 24.02-01.78
Максимов Г.А. 24.02-01.187
Малаева В.В. 24.02-01.330
Малахов В.А. 24.02-01.128
Малеханов А.И. 24.02-01.186,
24.02-01.196, 24.02-01.369
Малкин О.А. 24.02-01.371
Малков О.Ю. 24.02-01.417,
24.02-01.488
Малов И.Ф. 24.02-01.496,
24.02-01.540
Малов О.И. 24.02-01.520
Малофеев В.М. 24.02-01.520
Малыгин Е.А. 24.02-01.528
Малый В.В. 24.02-01.247,
24.02-01.248
Мальхин А.Ю. 24.02-01.178
Мальхина И.В. 24.02-01.125
Мальшкін Г.С. 24.02-01.326,
24.02-01.327
Малютин В.А. 24.02-01.556
Мараховский В.А. 24.02-01.215
Мараховский М.А. 24.02-01.215
Мареев Е.А. 24.02-01.197
Марков Б.Г. 24.02-01.94
Марков И.А. 24.02-01.121
Маркова Л.В. 24.02-01.332
Маркозов И.Д. 24.02-01.526
Мартынов В.Л. 24.02-01.157
Мартынов Г.Н. 24.02-01.141
Марченков А.Ю. 24.02-01.360
Марчук А.А. 24.02-01.531

Маршов В.П. 24.02-01.217
 Масленникова Н.А. 24.02-01.516,
 24.02-01.528
 Матвеев А.Н. 24.02-01.328
 Матвеев В.П. 24.02-01.54
 Матевосян А.А. 24.02-01.523
 Матюнин В.М. 24.02-01.360
 Матяжубова П.М. 24.02-01.346
 Маурчев Е.А. 24.02-01.552
 Махнев Ю.В. 24.02-01.184
 Махов В.И. 24.02-01.243
 Мачихин А.С. 24.02-01.127,
 24.02-01.132, 24.02-01.141
 Машошин А.И. 24.02-01.159,
 24.02-01.189, 24.02-01.195,
 24.02-01.200
 Медведев А.Б. 24.02-01.432
 Медведев П.С. 24.02-01.528
 Мелкумян А.А. 24.02-01.550
 Мельканович В.С. 24.02-01.230,
 24.02-01.231, 24.02-01.257,
 24.02-01.327
 Мельников Н.П. 24.02-01.99
 Мельников С.Ю. 24.02-01.493
 Мереминский И.А. 24.02-01.530
 Меркулова Т.В. 24.02-01.278
 Мешалкин А.Б. 24.02-01.92
 Мешалкина Н.С. 24.02-01.457
 Мещеряков А.В. 24.02-01.528
 Микаева С.А. 24.02-01.298,
 24.02-01.299
 Милешко Л.П. 24.02-01.372
 Милославский Ю.К. 24.02-01.337
 Милоков В.К. 24.02-01.495
 Минаева А.М. 24.02-01.315
 Минасянц Г.С. 24.02-01.459
 Минасянц Т.М. 24.02-01.459
 Мингалиев М.Г. 24.02-01.412,
 24.02-01.413
 Минцев В.Б. 24.02-01.13
 Минчук В.С. 24.02-01.73
 Минюшкин Д.Н. 24.02-01.431
 Миргородский В.И. 24.02-01.320
 Мирова О.А. 24.02-01.266
 Митичкин Н.А. 24.02-01.449
 Митряев В.А. 24.02-01.401
 Михайлов А.Г. 24.02-01.412,
 24.02-01.413
 Михайлов В.В. 24.02-01.456
 Михайлов Г.К. 24.02-01.242
 Михайлова У.В. 24.02-01.174
 Михеев В.И. 24.02-01.173
 Михеев С.А. 24.02-01.391
 Михеева Е.А. 24.02-01.504
 Михнюк А.Н. 24.02-01.218,
 24.02-01.239
 Мишакин В.В. 24.02-01.138
 Мищеряков Р.А. 24.02-01.220
 Мнускин В.Е. 24.02-01.111
 Могилевский М.М. 24.02-01.463
 Мозжорина Т.Ю. 24.02-01.554,
 24.02-01.555
 Моисеев А.В. 24.02-01.528
 Моисеева А.В. 24.02-01.420
 Моисеева Н.А. 24.02-01.140,
 24.02-01.141
 Мокрушин В.В. 24.02-01.357
 Молчанов В.Я. 24.02-01.143
 Монич Д.В. 24.02-01.49
 Мордвинов В.И. 24.02-01.470
 Морозов И.К. 24.02-01.541
 Морозов Н.Ф. 24.02-01.55
 Морозов С.О. 24.02-01.269
 Мосенков А.В. 24.02-01.531
 Москалева А.В. 24.02-01.462

Москвитин А.С. 24.02-01.413
 Московенко И.Б. 24.02-01.336
 Муравья В.О. 24.02-01.188
 Мурашкин И.В. 24.02-01.23
 Мутовкин А.Д. 24.02-01.193
 Муфахаров Т.В. 24.02-01.412,
 24.02-01.413
 Муякшин С.И. 24.02-01.205

Н

Нагнибеда В.Г. 24.02-01.411
 Назаров А.И. 24.02-01.14
 Накоряков П.В. 24.02-01.291
 Наливкин М.А. 24.02-01.509
 Нароенков С.А. 24.02-01.509
 Настоящий А.Ф. 24.02-01.108
 Наумов А.А. 24.02-01.361
 Наумов А.В. 24.02-01.407
 Начев В.А. 24.02-01.344
 Нгуен Н.К. 24.02-01.145
 Недоспасов А.В. 24.02-01.113,
 24.02-01.133
 Незнамов В.П. 24.02-01.379
 Нейланд В.Я. 24.02-01.268
 Некрасов В.Н. 24.02-01.210
 Нелсон Г.Ф. 24.02-01.433
 Непомнящая Е.В. 24.02-01.551
 Нестеров А.Ю. 24.02-01.362
 Нестеров Д.А. 24.02-01.61
 Ни Р.В. 24.02-01.339
 Нижельский Н.А. 24.02-01.413
 Никитин А.К. 24.02-01.130
 Никитин Д.А. 24.02-01.177
 Никитин П.А. 24.02-01.130
 Никитин Р.Я. 24.02-01.275
 Николаев В.М. 24.02-01.268
 Николаева Е.А. 24.02-01.532
 Николаенко Т.В. 24.02-01.142
 Новиков И.И. 24.02-01.81,
 24.02-01.86
 Новичихин Е.П. 24.02-01.318
 Норец И.Б. 24.02-01.407
 Носов С.Е. 24.02-01.282
 Нуднер И.С. 24.02-01.293
 Нуриев А.Н. 24.02-01.51
 Нурмагамбетов А.Ю. 24.02-01.440

О

Обридко В.Н. 24.02-01.512
 Овчаренко В.В. 24.02-01.283
 Овчинников В.В. 24.02-01.72
 Оленева В.А. 24.02-01.550
 Олифинов В.Г. 24.02-01.408
 Омаров А.М. 24.02-01.96
 Опарин Д.В. 24.02-01.528
 Орешко В.В. 24.02-01.405
 Осипов П.П. 24.02-01.67
 Островский Д.Б. 24.02-01.223
 Офенгейм Д.Д. 24.02-01.524
 Ощерин Б.Н. 24.02-01.28

П

Павленко О.В. 24.02-01.280
 Павлинский М.Н. 24.02-01.530
 Павлов А.А. 24.02-01.254
 Павлов Г.И. 24.02-01.291
 Павлюк Н.Н. 24.02-01.416
 Паймушин В.Н. 24.02-01.46,
 24.02-01.47, 24.02-01.51
 Пак Ил 24.02-01.374
 Палешкин А.В. 24.02-01.428
 Пальчиковская Н.В. 24.02-01.145

Панасевич Л.Л. 24.02-01.116
 Панасюк М.И. 24.02-01.374
 Панивени У. 24.02-01.423
 Панин А.Н. 24.02-01.128
 Панич А.А. 24.02-01.215,
 24.02-01.234
 Панич А.Е. 24.02-01.233
 Панчук В.Е. 24.02-01.424,
 24.02-01.508
 Папкова Ю.И. 24.02-01.32
 Пасынок С.Л. 24.02-01.404
 Патонин А.В. 24.02-01.270,
 24.02-01.343
 Пашаев Б.П. 24.02-01.95, 24.02-01.97
 Пашкевич И.В. 24.02-01.195
 Пашкин С.В. 24.02-01.113
 Пащенко И.Н. 24.02-01.502
 Пелиновский Е.Н. 24.02-01.79
 Пензин М.С. 24.02-01.466
 Перегудин С.И. 24.02-01.36
 Перегудина Э.С. 24.02-01.36
 Пересёлков С.А. 24.02-01.33,
 24.02-01.178, 24.02-01.206
 Перцов А.А. 24.02-01.434
 Пестерев И.С. 24.02-01.252,
 24.02-01.334
 Петерова Н.Г. 24.02-01.408,
 24.02-01.411
 Петков В.Б. 24.02-01.375
 Петников В.Г. 24.02-01.169,
 24.02-01.171
 Петрищевский А.М. 24.02-01.276
 Петров А.Е. 24.02-01.538
 Петров В.А. 24.02-01.394
 Петров В.Л. 24.02-01.374
 Петров О.Ф. 24.02-01.13
 Петров П.К. 24.02-01.31
 Петров С.Д. 24.02-01.406
 Петров Ф.В. 24.02-01.14
 Петрова А.А. 24.02-01.367,
 24.02-01.368
 Пешхоев И.М. 24.02-01.50,
 24.02-01.53
 Пивнев П.П. 24.02-01.227,
 24.02-01.244
 Пилипенко В.А. 24.02-01.469
 Пилипенко С. 24.02-01.501
 Пинегина Т.К. 24.02-01.286
 Пираи Ц. 24.02-01.524
 Пирогов Л.Е. 24.02-01.507
 Писарев П.В. 24.02-01.302
 Писаревский Ю.В. 24.02-01.140
 Пичков С.Н. 24.02-01.355
 Пластинин Ю.А. 24.02-01.268
 Плотников А.С. 24.02-01.290
 Плужников А.А. 24.02-01.339
 Пляскин А.С. 24.02-01.347
 Побережский Л.П. 24.02-01.133
 Подгайский Ю.П. 24.02-01.221
 Поддубняк В.Я. 24.02-01.173
 Пожар В.Э. 24.02-01.132
 Поздеева Е.О. 24.02-01.441
 Поздняков Н.И. 24.02-01.201
 Покровский А.А. 24.02-01.238
 Покровский Ю.Е. 24.02-01.435
 Ползикова Н.И. 24.02-01.129,
 24.02-01.136
 Поликарпов А.М. 24.02-01.43
 Половинка Ю.А. 24.02-01.78
 Полушина Т.С. 24.02-01.472
 Поляков Д.М. 24.02-01.531
 Поляков К.Д. 24.02-01.339
 Поляков О.Л. 24.02-01.135
 Поляков Р.С. 24.02-01.340
 Поляничко В.И. 24.02-01.235

- Поляченко Е.В. 24.02-01.494
Пономарёв А.В. 24.02-01.270
Пономарев А.В. 24.02-01.343
Пономарев В.Н. 24.02-01.155
Пономарёв Г.А. 24.02-01.538
Пономарева В.В. 24.02-01.286
Пономарчук С.Н. 24.02-01.466
Попель С.И. 24.02-01.287
Поплавский С.В. 24.02-01.362
Попов А.Н. 24.02-01.541
Попов В.А. 24.02-01.17
Попов И.А. 24.02-01.55
Попов И.К. 24.02-01.241
Попов О.Е. 24.02-01.173,
24.02-01.322
Попов С.Б. 24.02-01.522
Попов Ю.Н. 24.02-01.161
Попова Е.А. 24.02-01.497
Поротов А.В. 24.02-01.193
Посвеженная В.П. 24.02-01.313
Постнов К.А. 24.02-01.449,
24.02-01.528
Посфэ П. 24.02-01.438
Потанин С.А. 24.02-01.528
Потапов В.А. 24.02-01.521
Потапычев С.Н. 24.02-01.249,
24.02-01.370
Потехин А.Ю. 24.02-01.1,
24.02-01.526, 24.02-01.544
Потравнов И.С. 24.02-01.493
Похабов Ю.П. 24.02-01.300
Почекутова И.А. 24.02-01.330
Прейгерман Л. 24.02-01.426
Приползин С.И. 24.02-01.128
Прокопович В.В. 24.02-01.292
Пронин А.А. 24.02-01.158,
24.02-01.188, 24.02-01.193
Пронина П.Ф. 24.02-01.428
Проскурин В.Б. 24.02-01.27
Просовецкий Д.Ю. 24.02-01.206
Прохоров В.Н. 24.02-01.157
Прохоров Ю.Ф. 24.02-01.147
Пугачёв С.И. 24.02-01.336
Пудовкин А.А. 24.02-01.288
Пупатенко В.В. 24.02-01.277
Пушкарев А.Б. 24.02-01.502
Пшеничных С.Г. 24.02-01.297
- Р**
- Рабинский Л.Н. 24.02-01.106
Радаев И.Р. 24.02-01.323
Раджани Г. 24.02-01.423
Радовский И.С. 24.02-01.85,
24.02-01.87
Раевская Ю.В. 24.02-01.128
Раевский А.С. 24.02-01.128
Раевский М.А. 24.02-01.182
Разинькова Е.П. 24.02-01.399
Рамазанов М.А. 24.02-01.199
Раскита М.А. 24.02-01.237
Рахимов И.А. 24.02-01.401,
24.02-01.402, 24.02-01.408,
24.02-01.482
Рахманова Л.С. 24.02-01.462
Редько Ю.Б. 24.02-01.289,
24.02-01.303, 24.02-01.305,
24.02-01.307, 24.02-01.308,
24.02-01.310, 24.02-01.311,
24.02-01.312
Резванцев М.В. 24.02-01.354
Рейзмунт Е.М. 24.02-01.300
Римская-Корсакова Л.К. 24.02-01.325
Римский-Корсаков Н.А. 24.02-01.158,
24.02-01.188, 24.02-01.193,
24.02-01.228, 24.02-01.246
Рипак А.М. 24.02-01.425
Родин А.Е. 24.02-01.483
Родионов А.А. 24.02-01.177,
24.02-01.197, 24.02-01.325
Родионов А.С. 24.02-01.22
Родионов В.А. 24.02-01.156
Родкин М.В. 24.02-01.279
Родюшкин В.М. 24.02-01.355
Рожков А.А. 24.02-01.554
Рожков Г.В. 24.02-01.374
Розанов Н.Н. 24.02-01.6К
Романенков Д.А. 24.02-01.179
Романов А.А. 24.02-01.84
Романов М.В. 24.02-01.253
Романюк И.И. 24.02-01.420,
24.02-01.422
Ропот П.И. 24.02-01.142
Росляков В.Н. 24.02-01.134
Рубцов А.В. 24.02-01.464
Рудинский А.В. 24.02-01.267
Румянцев К.А. 24.02-01.161
Рустамов А.Р. 24.02-01.126
Рутенко А.Н. 24.02-01.219,
24.02-01.260, 24.02-01.323,
24.02-01.324
Рыбьянец П.В. 24.02-01.206
Рыжков М.А. 24.02-01.216
Рыспаева Е.Б. 24.02-01.419
Рытов Е.Ю. 24.02-01.336
Рязанцева М.О. 24.02-01.462
- С**
- Саванов И.С. 24.02-01.421,
24.02-01.484, 24.02-01.509,
24.02-01.517
Савина М.В. 24.02-01.397
Савченко А.В. 24.02-01.321
Савченко В.В. 24.02-01.321
Савченко М.Р. 24.02-01.10К
Савченко С.С. 24.02-01.531
Садовский А.М. 24.02-01.535
Садыхов М.В. 24.02-01.126
Сажин А.О. 24.02-01.363
Сажин О.В. 24.02-01.363
Сазонов С.Ю. 24.02-01.528,
24.02-01.529, 24.02-01.530
Салимов Р.А. 24.02-01.109
Саммель А.Ю. 24.02-01.347,
24.02-01.348
Самодуров В.А. 24.02-01.405
Самусь Н.Н. 24.02-01.471,
24.02-01.484
Санникова Т.Н. 24.02-01.486
Сантандер Т.А. 24.02-01.418
Сапунова О.В. 24.02-01.462
Сарафанов Г.Ф. 24.02-01.76
Сафонова Д.Б. 24.02-01.267
Сафонов Б.С. 24.02-01.528
Сафронов И.И. 24.02-01.379
Сафронова М.А. 24.02-01.330
Саха Б. 24.02-01.377
Сахибуллин Н.А. 24.02-01.528,
24.02-01.532
Саченков О.А. 24.02-01.352
Свергун Е.И. 24.02-01.179
Свердлик Л.Г. 24.02-01.400
Свертилов С.И. 24.02-01.374
Светличная А.А. 24.02-01.261
Свиржевская А.К. 24.02-01.456
Свиржевский Н.С. 24.02-01.456
Селезнев И.А. 24.02-01.197,
24.02-01.255
Селецкий А.А. 24.02-01.339
Семена А.Н. 24.02-01.530
Семенко Е.А. 24.02-01.420
Семенов А.Н. 24.02-01.269
Семенов К.К. 24.02-01.293
Семенова Т.А. 24.02-01.413
Сенин А.Н. 24.02-01.41
Сербин А.Б. 24.02-01.403
Сербин В.В. 24.02-01.358
Сергеева О.А. 24.02-01.152
Середа Н.И. 24.02-01.111
Сермягин Р.А. 24.02-01.399
Серов С.А. 24.02-01.514
Серова С.С. 24.02-01.514
Сетов А.Г. 24.02-01.461
Сибатов Р. 24.02-01.376
Сидоров А.Д. 24.02-01.98
Синев И.О. 24.02-01.350
Синкевич Н.С. 24.02-01.201
Синкевич О.А. 24.02-01.93,
24.02-01.114, 24.02-01.430
Скабин А.П. 24.02-01.135
Скляревский А.М. 24.02-01.510
Сливина Л.П. 24.02-01.296
Слюняев А.В. 24.02-01.79
Смагин Д.А. 24.02-01.187,
24.02-01.288
Смирнов А.А. 24.02-01.415,
24.02-01.531
Смирнов А.В. 24.02-01.70,
24.02-01.196, 24.02-01.369
Смирнов А.Л. 24.02-01.387
Смирнов В.А. 24.02-01.187
Смирнов В.Б. 24.02-01.270,
24.02-01.343
Смирнов Д.В. 24.02-01.414
Смирнов Е.А. 24.02-01.555
Смирнов И.П. 24.02-01.186
Смирнов П.Н. 24.02-01.262
Смирнов С.Ю. 24.02-01.214
Смирнов Ю.Ф. 24.02-01.407
Смоленцев С.Г. 24.02-01.401
Соболь Б.В. 24.02-01.50, 24.02-01.53
Соколов Д.Д. 24.02-01.512
Соколов И.П. 24.02-01.220
Соловей Д.П. 24.02-01.111
Соловьев А.А. 24.02-01.152,
24.02-01.469
Соловьев В.О. 24.02-01.455
Соловьева Ю.Н. 24.02-01.539
Сотникова Ю.В. 24.02-01.412,
24.02-01.413
Соумья Г.М. 24.02-01.423
Софьяна Е.В. 24.02-01.165
Спиридонова О.И. 24.02-01.413
Срикрант Р. 24.02-01.423
Стажило-Алексеев С.К. 24.02-01.364
Станкус С.В. 24.02-01.60, 24.02-01.92
Старицин Е.И. 24.02-01.481
Старобинский А.А. 24.02-01.528
Стекольщиков Е.В. 24.02-01.83
Степанов А.А. 24.02-01.201
Степанов А.М. 24.02-01.371
Степанов Б.Г. 24.02-01.334
Степанов В.П. 24.02-01.62,
24.02-01.64
Степанов Е.Ю. 24.02-01.347,
24.02-01.348
Степанова И.Э. 24.02-01.549
Стёпочкин И.Е. 24.02-01.283
Стефанов С.Р. 24.02-01.103,
24.02-01.265
Столяров В.А. 24.02-01.412,
24.02-01.413
Страхов И.А. 24.02-01.516
Стреленко Т.Б. 24.02-01.198

Струминский А.Б. 24.02-01.535
 Стырикович И.И. 24.02-01.335
 Су Ф. 24.02-01.483
 Сундуков С.К. 24.02-01.359
 Суров Н.С. 24.02-01.110
 Сусликов М.В. 24.02-01.528,
 24.02-01.532
 Суслина Т.А. 24.02-01.14
 Сухарцов А.А. 24.02-01.288
 Суховая Е.А. 24.02-01.291
 Сызранова Н.Г. 24.02-01.427,
 24.02-01.429
 Сыроваткин Е.В. 24.02-01.235
 Сюняев Р.А. 24.02-01.528,
 24.02-01.529
 Сюсина О.М. 24.02-01.545
 Сяо-Сон В. 24.02-01.396

Т

Таволжанская Н.С. 24.02-01.508
 Тарасенков А.Н. 24.02-01.484
 Тарасов С.П. 24.02-01.227,
 24.02-01.244
 Тарасюк В.А. 24.02-01.88,
 24.02-01.135
 Таргонский А.В. 24.02-01.140
 Тарлаковский Д.В. 24.02-01.52,
 24.02-01.58
 Татарников А.М. 24.02-01.516,
 24.02-01.528
 Татарникова А.А. 24.02-01.516
 Теляшов Д.А. 24.02-01.291
 Тен Ю.А. 24.02-01.121
 Тененев В.А. 24.02-01.30
 Теплых Д.А. 24.02-01.520
 Терехов Е.П. 24.02-01.285
 Терпигорева И.В. 24.02-01.316
 Теряев В.В. 24.02-01.89
 Тикунова К.В. 24.02-01.298,
 24.02-01.299
 Тимиркеева М.А. 24.02-01.520,
 24.02-01.540
 Тимофеев А.А. 24.02-01.165
 Тимофеев Е.И. 24.02-01.90
 Тимошенко Г.Н. 24.02-01.443
 Тимошенко В.Г. 24.02-01.220
 Титов С.А. 24.02-01.127,
 24.02-01.132, 24.02-01.349
 Ткаченко А.Ю. 24.02-01.530
 Ткаченко Л.А. 24.02-01.67
 Ткаченко С.А. 24.02-01.33
 Тодоров Р.В. 24.02-01.502
 Толоконников Л.А. 24.02-01.25
 Толстиков А.В. 24.02-01.77
 Томозов В.М. 24.02-01.459,
 24.02-01.470, 24.02-01.498
 Тонких Г.П. 24.02-01.347
 Топчило Н.А. 24.02-01.408,
 24.02-01.411
 Торопов М.О. 24.02-01.405
 Травкин В.С. 24.02-01.323
 Трелин Ю.С. 24.02-01.27,
 24.02-01.29, 24.02-01.81,
 24.02-01.84, 24.02-01.86,
 24.02-01.89
 Третьякова Т.Ю. 24.02-01.391
 Тронза С.Н. 24.02-01.228,
 24.02-01.246
 Трофимов А.Т. 24.02-01.184,
 24.02-01.191
 Трофимов Д.А. 24.02-01.406
 Трохан А.М. 24.02-01.103,
 24.02-01.265
 Трохимовский А.Ю. 24.02-01.20

Трубицын А.П. 24.02-01.56
 Трубицын В.П. 24.02-01.56
 Трубников Г.В. 24.02-01.339
 Тукмаков А.Л. 24.02-01.80
 Тумасян А.Р. 24.02-01.397
 Турундаевский В.Б. 24.02-01.119
 Турунтаев С.Б. 24.02-01.344
 Тутуков А.В. 24.02-01.474,
 24.02-01.477, 24.02-01.489,
 24.02-01.500, 24.02-01.511
 Тюльбашев В.С. 24.02-01.519
 Тюльбашев С.А. 24.02-01.405,
 24.02-01.519
 Тюльбашева Г.Э. 24.02-01.519
 Тютин М.Р. 24.02-01.350

У

Уваров С.В. 24.02-01.73
 Уваров Ю.А. 24.02-01.527
 Удовицкий Р.Ю. 24.02-01.412,
 24.02-01.413
 Уклеин Р.И. 24.02-01.528
 Усеинов Э.С. 24.02-01.347
 Усков Г.С. 24.02-01.528, 24.02-01.529
 Уткин П.С. 24.02-01.74
 Учайкин В.В. 24.02-01.376
 Ущиловский В.Г. 24.02-01.260,
 24.02-01.324

Ф

Фадеев Ю.А. 24.02-01.534
 Фатеев А.А. 24.02-01.201
 Фатхуллин Т.А. 24.02-01.413
 Февральских Л.Н. 24.02-01.284
 Федоров Ю.В. 24.02-01.68
 Федорова А.В. 24.02-01.489
 Федорова В.А. 24.02-01.483
 Федотенков Г.В. 24.02-01.52
 Федотов Г.А. 24.02-01.245
 Федотов Л.В. 24.02-01.402
 Федотова Д.В. 24.02-01.356
 Фейгин Ф.Э. 24.02-01.398
 Фершалов М.Ю. 24.02-01.260
 Физиев П.П. 24.02-01.385
 Филеткин А.И. 24.02-01.495
 Филиппенко Г.В. 24.02-01.281
 Фирсов В.А. 24.02-01.46, 24.02-01.47
 Фокин Л.Р. 24.02-01.89
 Фомин И.В. 24.02-01.380
 Фомичев В.М. 24.02-01.149,
 24.02-01.150
 Фортлова С.В. 24.02-01.74
 Фролов И.С. 24.02-01.431
 Фурсаев Д.В. 24.02-01.439

Х

Хабибуллин И.И. 24.02-01.528
 Хабибуллин М.В. 24.02-01.348
 Хабибуллина М.Л. 24.02-01.412,
 24.02-01.413
 Хабитуев Д.С. 24.02-01.468
 Хайкин В.Б. 24.02-01.410
 Хакимзянов Г.С. 24.02-01.35
 Хамидуллин Р.М. 24.02-01.356
 Хамитов И.М. 24.02-01.528
 Хантулева Т.А. 24.02-01.71
 Харинов М.А. 24.02-01.413
 Харитонов В.В. 24.02-01.296
 Харланов А.В. 24.02-01.137
 Харченко Т.А. 24.02-01.285
 Хахинов В.В. 24.02-01.466
 Хвостов Е.Ю. 24.02-01.408

Хилько А.И. 24.02-01.186
 Хищенко К.В. 24.02-01.4К,
 24.02-01.7К
 Хлопов М.Ю. 24.02-01.451
 Хлыбов А.А. 24.02-01.355
 Ховричев М.Ю. 24.02-01.531
 Холин Н.Н. 24.02-01.23
 Холодова С.Е. 24.02-01.36
 Холтыгин А.Ф. 24.02-01.419
 Хортов А.В. 24.02-01.193
 Хорунжев Г.А. 24.02-01.528
 Хохлачев А.А. 24.02-01.462
 Хуанг Й.Ф. 24.02-01.483
 Худайбергенова Э.М. 24.02-01.104

Ц

Цалко Л.В. 24.02-01.142
 Царев М.В. 24.02-01.357
 Царева И.А. 24.02-01.357
 Цветков А.М. 24.02-01.217
 Цветков Д.Ю. 24.02-01.416
 Цветкова Н.О. 24.02-01.360
 Цельмович В.А. 24.02-01.553
 Цуриков Г.Н. 24.02-01.492
 Цыбин В.С. 24.02-01.247
 Цыбулев П.Г. 24.02-01.413
 Цыган В.Н. 24.02-01.354
 Цыганова Т.А. 24.02-01.27,
 24.02-01.81, 24.02-01.86

Ч

Чаликов Д.В. 24.02-01.34
 Чебесков А.Н. 24.02-01.87
 Чеботарев С.Н. 24.02-01.106
 Чеботарева Е.А. 24.02-01.345
 Чекалкин А.А. 24.02-01.301
 Чекалова А.Э. 24.02-01.313
 Чекунов И.В. 24.02-01.406
 Черепашук А.М. 24.02-01.473,
 24.02-01.491
 Черешнев А.Л. 24.02-01.295
 Черниговская М.А. 24.02-01.468
 Черников И.В. 24.02-01.258
 Чернов С.В. 24.02-01.437
 Чернышов А.А. 24.02-01.463
 Чиен Май Куок 24.02-01.52
 Чижиков А.И. 24.02-01.143
 Чубаров Л.Б. 24.02-01.35,
 24.02-01.167
 Чугунин Д.В. 24.02-01.463
 Чудаков А.И. 24.02-01.233
 Чумаков Т.К. 24.02-01.344
 Чупашев А.В. 24.02-01.98,
 24.02-01.347, 24.02-01.348
 Чупин В.А. 24.02-01.283
 Чупина Н.В. 24.02-01.511
 Чупров О.А. 24.02-01.331
 Чупров П.А. 24.02-01.74
 Чуразов Е.М. 24.02-01.528

Ш

Шабалина А.С. 24.02-01.216
 Шабловинская Е.С. 24.02-01.528
 Шагапов В.Ш. 24.02-01.146
 Шайдуллин Л.Р. 24.02-01.67
 Шакин О.В. 24.02-01.139
 Шакура Н.И. 24.02-01.543
 Шамсутдинова Е.С. 24.02-01.131
 Шамуратов Ж.У. 24.02-01.346
 Шарикова М.О. 24.02-01.141
 Шарькин И.Н. 24.02-01.499

Шатохин А.В. 24.02-01.18,
24.02-01.154, 24.02-01.255,
24.02-01.264
Шатравин А.В. 24.02-01.171,
24.02-01.172
Шатский Н.И. 24.02-01.417,
24.02-01.528
Шафранюк А.В. 24.02-01.213,
24.02-01.292
Шаяхметов Г.Ф. 24.02-01.146
Шевцов В.И. 24.02-01.236
Шейнман Е.Л. 24.02-01.202
Шемарулин В.Е. 24.02-01.379
Шематович В.И. 24.02-01.505
Шеметова Е.В. 24.02-01.428
Шенаврин В.И. 24.02-01.516
Шешегов П.М. 24.02-01.296
Шиллер К. 24.02-01.382
Шиманчук Д.В. 24.02-01.518
Ширяев А.Д. 24.02-01.330
Ширяев А.Н. 24.02-01.21
Шихова Н.М. 24.02-01.270,
24.02-01.343
Шишкин В.М. 24.02-01.46,
24.02-01.47, 24.02-01.51
Шишкина О.Д. 24.02-01.181
Шленский О.Ф. 24.02-01.4К,

24.02-01.7К

Шлык Н.С. 24.02-01.550
Шмаков А.А. 24.02-01.147
Шматов С.В. 24.02-01.397
Шмыров А.С. 24.02-01.518
Шмыров В.А. 24.02-01.518
Шпилев Н.Н. 24.02-01.366
Шпиринг К. 24.02-01.436
Штернин П.С. 24.02-01.1,
24.02-01.524
Штукин Л.В. 24.02-01.55
Штыковский А.Е. 24.02-01.530
Шувалов В.В. 24.02-01.40
Шустов Б.М. 24.02-01.485
Шухман И.Г. 24.02-01.494

Щ

Щербаков В.В. 24.02-01.128
Щербинин В.И. 24.02-01.134

Э

Эйнуллаев В.С. 24.02-01.126
Элиович Я.А. 24.02-01.140
Эркенов А.К. 24.02-01.413

Ю

Югов Н.Т. 24.02-01.347
Юдин А.В. 24.02-01.350
Юров В.О. 24.02-01.48, 24.02-01.123
Юшкин М.В. 24.02-01.424
Юшков К.Б. 24.02-01.143

Я

Ягодников Д.А. 24.02-01.267
Ягола А.Г. 24.02-01.549
Язев С.А. 24.02-01.498
Якимчук А.И. 24.02-01.464
Яковлев Д.Г. 24.02-01.1, 24.02-01.544
Якунин И.А. 24.02-01.419,
24.02-01.420
Янг Л. 24.02-01.413
Янке В.Г. 24.02-01.550
Ярошук И.О. 24.02-01.170
Ярыгин В.А. 24.02-01.220
Ясюкевич А.С. 24.02-01.468
Яцук А.В. 24.02-01.283
Яшин И.В. 24.02-01.374
Яшин М.Е. 24.02-01.293

УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

Журналы

- Russian journal of nonlinear dynamics. 2023. 19, № 2
24.02-01.546
- Russian journal of nonlinear dynamics. 2023. 19, № 3
24.02-01.547
- Russian journal of nonlinear dynamics. 2023. 19, № 4
24.02-01.548
- Автоматизация и современные технологии. 2022, № 7
24.02-01.298
- Автоматизация и современные технологии. 2023, № 7
24.02-01.299
- Автоматизация и современные технологии. 2023, № 12
24.02-01.300
- Алгебра и анализ. 2024. 363, № 1 **24.02-01.14**
- Астрономический журнал. 2023. 100, № 9 **24.02-01.471**,
24.02-01.472, **24.02-01.473**, **24.02-01.474**, **24.02-01.475**,
24.02-01.476, **24.02-01.477**, **24.02-01.478**, **24.02-01.479**,
24.02-01.480, **24.02-01.481**
- Астрономический журнал. 2023. 100, № 10 **24.02-01.482**,
24.02-01.483, **24.02-01.484**, **24.02-01.485**, **24.02-01.486**,
24.02-01.487
- Астрономический журнал. 2023. 100, № 11 **24.02-01.488**,
24.02-01.489, **24.02-01.490**, **24.02-01.491**, **24.02-01.492**,
24.02-01.493, **24.02-01.494**, **24.02-01.495**, **24.02-01.496**,
24.02-01.497, **24.02-01.498**, **24.02-01.499**, **24.02-01.500**
- Астрономический журнал. 2023. 100, № 12 **24.02-01.501**,
24.02-01.502, **24.02-01.503**, **24.02-01.504**, **24.02-01.505**,
24.02-01.506, **24.02-01.507**, **24.02-01.508**, **24.02-01.509**,
24.02-01.510, **24.02-01.511**, **24.02-01.512**, **24.02-01.513**,
24.02-01.514
- Астрофизический бюллетень. 2023. 78, № 4 **24.02-01.412**,
24.02-01.413, **24.02-01.414**, **24.02-01.415**, **24.02-01.416**,
24.02-01.417, **24.02-01.418**, **24.02-01.419**, **24.02-01.420**,
24.02-01.421, **24.02-01.422**, **24.02-01.423**, **24.02-01.424**,
24.02-01.425
- Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2023, № 85
24.02-01.545
- Вестник Казанского гос. технич. ун-та им. А. Н. Туполева.
2023. 79, № 4 **24.02-01.352**
- Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2023. 23,
№ 12 **24.02-01.400**, **24.02-01.558**
- Вестник МГУ. Сер. 1: Математика. Механика. 2023, № 6
24.02-01.21, **24.02-01.176**, **24.02-01.282**
- Вестник Московского гос. обл. ун-та. Серия: Физ.—Мат. 2023,
№ 3 **24.02-01.24**
- Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1:
Математика. Механика. Астрономия. 2023. 10, № 4
24.02-01.54, **24.02-01.55**
- Геоматнетизм и аэрономия. 2023. 63, № 6 **24.02-01.550**,
24.02-01.551, **24.02-01.552**, **24.02-01.553**
- Датчики и системы. 2023, № 4-1 **24.02-01.139**
- Деформация и разрушение материалов. 2024, № 2
24.02-01.350
- Журнал технической физики. 2024. 94, № 2 **24.02-01.351**
- Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 1
24.02-01.346, **24.02-01.347**, **24.02-01.348**
- Квантовая электроника. 2023. 53, № 7 **24.02-01.143**,
24.02-01.144
- Кровельные и изоляционные материалы. 2018, № 6
24.02-01.303
- Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 1
24.02-01.304, **24.02-01.305**
- Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 2
24.02-01.289
- Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 3
24.02-01.306, **24.02-01.307**
- Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 4
24.02-01.308
- Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 5
24.02-01.309, **24.02-01.310**
- Кровельные и изоляционные материалы. 2019, № 6
24.02-01.311
- Кровельные и изоляционные материалы. 2020, № 1
24.02-01.312
- Маркшейдерия и недропользование. 2023, № 6 **24.02-01.275**
- Мат. моделир. 2024. 36, № 1 **24.02-01.19**, **24.02-01.25**
- Математическое моделирование в естественных науках. 2021,
№ 1 **24.02-01.41**, **24.02-01.57**, **24.02-01.153**,
24.02-01.317
- Математическое моделирование в естественных науках. 2022,
№ 1 **24.02-01.58**, **24.02-01.281**, **24.02-01.301**
- Математическое моделирование в естественных науках. 2023,
№ 1 **24.02-01.26**, **24.02-01.32**, **24.02-01.302**,
24.02-01.345
- Материаловедение. 2024, № 2 **24.02-01.357**
- Международный журнал прикладных и фундаментальных
исследований. 2023, № 2 **24.02-01.193**
- Международный журнал прикладных и фундаментальных
исследований. 2023, № 8 **24.02-01.554**
- Международный журнал прикладных и фундаментальных
исследований. 2023, № 9 **24.02-01.104**
- Международный журнал прикладных и фундаментальных
исследований. 2023, № 10 **24.02-01.188**
- Международный журнал прикладных и фундаментальных
исследований. 2023, № 11 **24.02-01.555**
- Перспективы науки. 2020, № 7 **24.02-01.314**
- Перспективы науки. 2021, № 12 **24.02-01.315**
- Перспективы науки. 2023, № 1 **24.02-01.313**
- Перспективы науки. 2023, № 3 **24.02-01.340**
- Перспективы науки. 2023, № 5 **24.02-01.341**
- Перспективы науки. 2023, № 6 **24.02-01.342**
- Перспективы науки. 2023, № 7 **24.02-01.316**
- Перспективы науки. 2023, № 9 **24.02-01.290**
- Письма в Астрон. ж. 2023. 49, № 9 **24.02-01.515**,
24.02-01.516, **24.02-01.517**, **24.02-01.518**
- Письма в Астрон. ж. 2023. 49, № 10 **24.02-01.1**,
24.02-01.519, **24.02-01.520**, **24.02-01.521**, **24.02-01.522**,
24.02-01.523, **24.02-01.524**, **24.02-01.525**, **24.02-01.526**,
24.02-01.527
- Письма в Астрон. ж. 2023. 49, № 11 **24.02-01.528**,
24.02-01.529, **24.02-01.530**, **24.02-01.531**, **24.02-01.532**,
24.02-01.533, **24.02-01.534**, **24.02-01.535**, **24.02-01.536**,
24.02-01.537
- Письма в Астрон. ж. 2023. 49, № 12 **24.02-01.538**,
24.02-01.539, **24.02-01.540**, **24.02-01.541**, **24.02-01.542**,
24.02-01.543, **24.02-01.544**
- Письма в Журнал технической физики. 2024. 50, № 6
24.02-01.73
- Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные
исследования. 2023, № 12 **24.02-01.434**
- Приборы. 2024, № 1 **24.02-01.365**
- Пробл. физ., мат. и техн. 2023, № 4 **24.02-01.142**
- Проблемы безопасности полетов. 2023, № 7 **24.02-01.296**
- Проблемы прочности и пластичности. 2022. 84, № 1
24.02-01.297
- Проблемы прочности и пластичности. 2022. 84, № 2
24.02-01.46, **24.02-01.152**, **24.02-01.271**
- Проблемы прочности и пластичности. 2022. 84, № 3
24.02-01.47, **24.02-01.48**, **24.02-01.355**
- Проблемы прочности и пластичности. 2022. 84, № 4
24.02-01.49, **24.02-01.76**
- Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 1
24.02-01.50, **24.02-01.138**
- Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 2
24.02-01.284
- Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 3
24.02-01.51, **24.02-01.52**, **24.02-01.123**
- Проблемы прочности и пластичности. 2023. 85, № 4
24.02-01.53, **24.02-01.274**
- Проблемы развития корабельного вооружения и судового
радиоэлектронного оборудования. 2021, № 3

- 24.02-01.263**
Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2021, № 4
- 24.02-01.264**
Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2022, № 2 **24.02-01.17, 24.02-01.187**
- Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2022, № 3 **24.02-01.18**
- Проблемы развития корабельного вооружения и судового радиоэлектронного оборудования. 2022, № 4 **24.02-01.255**
- Радиотехника и электроника. 2020. 65, № 11 **24.02-01.129**
- Радиотехника и электроника. 2020. 65, № 12 **24.02-01.318**
- Радиотехника и электроника. 2021. 66, № 5 **24.02-01.121**
- Радиотехника и электроника. 2021. 66, № 10 **24.02-01.140**
- Радиотехника и электроника. 2021. 66, № 11 **24.02-01.130**
- Радиотехника и электроника. 2021. 66, № 12 **24.02-01.319**
- Радиотехника и электроника. 2022. 67, № 3 **24.02-01.321**
- Радиотехника и электроника. 2022. 67, № 4 **24.02-01.349**
- Радиотехника и электроника. 2022. 67, № 8 **24.02-01.131**
- Радиотехника и электроника. 2022. 67, № 10 **24.02-01.77**
- Радиотехника и электроника. 2022. 67, № 11 **24.02-01.42**
- Радиотехника и электроника. 2022. 67, № 12 **24.02-01.122, 24.02-01.132, 24.02-01.136, 24.02-01.141**
- Радиотехника и электроника. 2023. 68, № 3 **24.02-01.320**
- Радиотехника и электроника. 2023. 68, № 10 **24.02-01.70, 24.02-01.137**
- Разведка и охрана недр. 2023, № 11 **24.02-01.364**
- Солнечно-земная физика. 2023. 9, № 4 **24.02-01.456, 24.02-01.457, 24.02-01.458, 24.02-01.459, 24.02-01.460, 24.02-01.461, 24.02-01.462, 24.02-01.463, 24.02-01.464, 24.02-01.465, 24.02-01.466, 24.02-01.467, 24.02-01.468, 24.02-01.469, 24.02-01.470**
- Теплофиз. и аэромех. 2023, № 6 **24.02-01.39, 24.02-01.72, 24.02-01.92, 24.02-01.174, 24.02-01.269, 24.02-01.362, 24.02-01.363**
- Теплофизика высоких температур. 1965. 3, № 5 **24.02-01.108**
- Теплофизика высоких температур. 1966. 4, № 1 **24.02-01.109**
- Теплофизика высоких температур. 1966. 4, № 3 **24.02-01.27**
- Теплофизика высоких температур. 1966. 4, № 6 **24.02-01.28**
- Теплофизика высоких температур. 1967. 5, № 1 **24.02-01.371**
- Теплофизика высоких температур. 1969. 7, № 1 **24.02-01.268**
- Теплофизика высоких температур. 1969. 7, № 2 **24.02-01.110**
- Теплофизика высоких температур. 1969. 7, № 3 **24.02-01.433**
- Теплофизика высоких температур. 1969. 7, № 6 **24.02-01.29**
- Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 2 **24.02-01.81, 24.02-01.101, 24.02-01.111**
- Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 4 **24.02-01.102**
- Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 5 **24.02-01.82, 24.02-01.83**
- Теплофизика высоких температур. 1970. 8, № 6 **24.02-01.103**
- Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 1 **24.02-01.84, 24.02-01.112**
- Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 2 **24.02-01.85**
- Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 3 **24.02-01.113**
- Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 4 **24.02-01.95, 24.02-01.114**
- Теплофизика высоких температур. 1971. 9, № 5 **24.02-01.147, 24.02-01.265**
- Теплофизика высоких температур. 1972. 10, № 2 **24.02-01.93, 24.02-01.148**
- Теплофизика высоких температур. 1972. 10, № 5 **24.02-01.86**
- Теплофизика высоких температур. 1973. 11, № 1 **24.02-01.115**
- Теплофизика высоких температур. 1973. 11, № 2 **24.02-01.116**
- Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 2 **24.02-01.87, 24.02-01.117**
- Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 3 **24.02-01.88, 24.02-01.96, 24.02-01.133**
- Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 5 **24.02-01.89**
- Теплофизика высоких температур. 1974. 12, № 6 **24.02-01.118**
- Теплофизика высоких температур. 1975. 13, № 2 **24.02-01.119**
- Теплофизика высоких температур. 1975. 13, № 4 **24.02-01.90, 24.02-01.134**
- Теплофизика высоких температур. 1975. 13, № 5 **24.02-01.94, 24.02-01.97**
- Теплофизика высоких температур. 1976. 14, № 2 **24.02-01.135**
- Теплофизика высоких температур. 1976. 14, № 5 **24.02-01.91**
- Теплофизика высоких температур. 1976. 14, № 6 **24.02-01.149**
- Теплофизика высоких температур. 1977. 15, № 1 **24.02-01.150**
- Теплофизика высоких температур. 1977. 15, № 4 **24.02-01.120**
- Теплофизика высоких температур. 2019. 57, № 4 **24.02-01.60**
- Теплофизика высоких температур. 2019. 57, № 5 **24.02-01.61**
- Теплофизика высоких температур. 2019. 57, № 6 **24.02-01.62**
- Теплофизика высоких температур. 2020. 58, № 1 **24.02-01.63, 24.02-01.266, 24.02-01.427**
- Теплофизика высоких температур. 2020. 58, № 3 **24.02-01.64**
- Теплофизика высоких температур. 2020. 58, № 6 **24.02-01.12, 24.02-01.65**
- Теплофизика высоких температур. 2021. 59, № 2 **24.02-01.66**
- Теплофизика высоких температур. 2021. 59, № 3 **24.02-01.67**
- Теплофизика высоких температур. 2021. 59, № 4 **24.02-01.68, 24.02-01.105**
- Теплофизика высоких температур. 2021. 59, № 5 **24.02-01.106, 24.02-01.267**
- Теплофизика высоких температур. 2021. 59, № 6 **24.02-01.13**
- Теплофизика высоких температур. 2022. 60, № 1 **24.02-01.38**
- Теплофизика высоких температур. 2022. 60, № 2 **24.02-01.11, 24.02-01.428**
- Теплофизика высоких температур. 2022. 60, № 3 **24.02-01.22**
- Теплофизика высоких температур. 2022. 60, № 4 **24.02-01.23**
- Теплофизика высоких температур. 2022. 60, № 5 **24.02-01.69**
- Теплофизика высоких температур. 2022. 60, № 6 **24.02-01.80**
- Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 1 **24.02-01.107**
- Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 2 **24.02-01.429**
- Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 3 **24.02-01.74, 24.02-01.430**
- Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 4 **24.02-01.431**
- Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 5 **24.02-01.145, 24.02-01.146**
- Теплофизика высоких температур. 2023. 63, № 6 **24.02-01.75, 24.02-01.100, 24.02-01.432**
- Технология металлов. 2023, № 11 **24.02-01.359**
- Технология металлов. 2023, № 12 **24.02-01.360**
- Технология металлов. 2024, № 2 **24.02-01.361**

- Тихоокеанская геология. 2022. 41, № 2 **24.02-01.285**
 Тихоокеанская геология. 2022. 41, № 5 **24.02-01.276**
 Тихоокеанская геология. 2023. 42, № 1 **24.02-01.277**
 Тихоокеанская геология. 2023. 42, № 3 **24.02-01.278**
 Тихоокеанская геология. 2023. 42, № 5 **24.02-01.286**
 Тихоокеанский медицинский журнал. 2023, № 1
24.02-01.353
 Тихоокеанский медицинский журнал. 2023, № 4
24.02-01.354
 Труды Академэнерго. 2019, № 2 **24.02-01.358**
 Труды Академэнерго. 2019, № 4 **24.02-01.291**
 Труды Академэнерго. 2020, № 4 **24.02-01.356**
 УФН. 2023. 193, № 11 **24.02-01.31**
 Ученые записки ЕГУ, физико-математических наук. 2023. 57,
 № 3 **24.02-01.44**
 Ученые записки физического ф-та МГУ. 2023, № 6
24.02-01.273, 24.02-01.556, 24.02-01.557
 Ученые записки. Независимая академия развития наук
 Израйля. 2023. 15, № 2 **24.02-01.45, 24.02-01.426**
 Физика волновых процессов и радиотехнические системы.
 2023. 26, № 4 **24.02-01.128**
 Физика Земли. 2022, № 4 **24.02-01.270**
 Физика Земли. 2023, № 1 **24.02-01.343**
 Физика Земли. 2023, № 3 **24.02-01.40, 24.02-01.272,**
24.02-01.279, 24.02-01.344
 Физика Земли. 2023, № 4 **24.02-01.56, 24.02-01.280**
 Физика Земли. 2023, № 6 **24.02-01.398, 24.02-01.399,**
24.02-01.549
 Физика плазмы. 2023. 49, № 10 **24.02-01.287**
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 1
24.02-01.373, 24.02-01.374, 24.02-01.375, 24.02-01.376,
24.02-01.435
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 2
24.02-01.377, 24.02-01.378
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 4
24.02-01.15, 24.02-01.16, 24.02-01.379, 24.02-01.380,
24.02-01.436, 24.02-01.437
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2018. 49, № 5
24.02-01.381
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2019. 50, № 3
24.02-01.382
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2019. 50, № 4
24.02-01.383
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2019. 50, № 6
24.02-01.384, 24.02-01.385
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2020. 51, № 4
24.02-01.386, 24.02-01.387, 24.02-01.388, 24.02-01.438,
24.02-01.439, 24.02-01.440, 24.02-01.441, 24.02-01.442
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2020. 51, № 5
24.02-01.443
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2021. 52, № 3
24.02-01.444
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 2
24.02-01.389, 24.02-01.390, 24.02-01.391
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 4
24.02-01.445
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 5
24.02-01.446, 24.02-01.447
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2022. 53, № 6
24.02-01.448
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2023. 54, № 3
24.02-01.339
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2023. 54, № 5
24.02-01.392, 24.02-01.393, 24.02-01.394, 24.02-01.395,
24.02-01.396, 24.02-01.449, 24.02-01.450, 24.02-01.451,
24.02-01.452, 24.02-01.453, 24.02-01.454, 24.02-01.455
 Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2024. 55, № 1
24.02-01.397
 Физические основы приборостроения. 2023. 12, № 2
24.02-01.20, 24.02-01.124, 24.02-01.125, 24.02-01.126,
24.02-01.127
 Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2023. 16, № 4
24.02-01.175
 Химическая физика и мезоскопия. 2023. 25, № 4 **24.02-01.30**
 Экологические системы и приборы. 2024, № 1 **24.02-01.372**
 Экологические системы и приборы. 2024, № 2 **24.02-01.283**

Конференции и сборники

- Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики.
 Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября
 2020 г. СПб.: б.и. 2020 **24.02-01.33, 24.02-01.34,**
24.02-01.35, 24.02-01.36, 24.02-01.37, 24.02-01.43,
24.02-01.59, 24.02-01.71, 24.02-01.78, 24.02-01.79,
24.02-01.98, 24.02-01.99, 24.02-01.151, 24.02-01.154,
24.02-01.155, 24.02-01.156, 24.02-01.157, 24.02-01.158,
24.02-01.159, 24.02-01.160, 24.02-01.161, 24.02-01.162,
24.02-01.163, 24.02-01.164, 24.02-01.165, 24.02-01.166,
24.02-01.167, 24.02-01.168, 24.02-01.169, 24.02-01.170,
24.02-01.171, 24.02-01.172, 24.02-01.173, 24.02-01.177,
24.02-01.178, 24.02-01.179, 24.02-01.180, 24.02-01.181,
24.02-01.182, 24.02-01.183, 24.02-01.184, 24.02-01.185,
24.02-01.186, 24.02-01.189, 24.02-01.190, 24.02-01.191,
24.02-01.192, 24.02-01.194, 24.02-01.195, 24.02-01.196,
24.02-01.197, 24.02-01.198, 24.02-01.199, 24.02-01.200,
24.02-01.201, 24.02-01.202, 24.02-01.203, 24.02-01.204,
24.02-01.205, 24.02-01.206, 24.02-01.207, 24.02-01.208,
24.02-01.209, 24.02-01.210, 24.02-01.211, 24.02-01.212,
24.02-01.213, 24.02-01.214, 24.02-01.215, 24.02-01.216,
24.02-01.217, 24.02-01.218, 24.02-01.219, 24.02-01.220,
24.02-01.221, 24.02-01.222, 24.02-01.223, 24.02-01.224,
24.02-01.225, 24.02-01.226, 24.02-01.227, 24.02-01.228,
24.02-01.229, 24.02-01.230, 24.02-01.231, 24.02-01.232,
24.02-01.233, 24.02-01.234, 24.02-01.235, 24.02-01.236,
24.02-01.237, 24.02-01.238, 24.02-01.239, 24.02-01.240,
24.02-01.241, 24.02-01.242, 24.02-01.243, 24.02-01.244,
24.02-01.245, 24.02-01.246, 24.02-01.247, 24.02-01.248,
24.02-01.249, 24.02-01.250, 24.02-01.251, 24.02-01.252,
24.02-01.253, 24.02-01.254, 24.02-01.256, 24.02-01.257,
24.02-01.258, 24.02-01.259, 24.02-01.260, 24.02-01.261,
24.02-01.262, 24.02-01.288, 24.02-01.292, 24.02-01.293,
24.02-01.294, 24.02-01.295, 24.02-01.322, 24.02-01.323,
24.02-01.324, 24.02-01.325, 24.02-01.326, 24.02-01.327,
24.02-01.328, 24.02-01.329, 24.02-01.330, 24.02-01.331,
24.02-01.332, 24.02-01.333, 24.02-01.334, 24.02-01.335,
24.02-01.336, 24.02-01.337, 24.02-01.338, 24.02-01.366,
24.02-01.367, 24.02-01.368, 24.02-01.369, 24.02-01.370
 Труды Института прикладной астрономии РАН № 65. СПб.:
 ИПА. 2023 **24.02-01.407, 24.02-01.408, 24.02-01.409,**
24.02-01.410, 24.02-01.411
 Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.:
 ИПА. 2023 **24.02-01.401, 24.02-01.402, 24.02-01.403,**
24.02-01.404, 24.02-01.405, 24.02-01.406

Книги

- Акустика высоких частот и больших чисел Маха. 3-е изд.,
 перераб. и доп. М.: Инновационное машиностроение. 2020
24.02-01.4К
 Акустика и термодинамика неравновесных состояний. 2-е изд.,
 доп. и испр. М.: Инновационное машиностроение. 2022
24.02-01.7К
 Диссипативные оптические и родственные солитоны. М.:
 Физматлит. 2021 **24.02-01.6К**
 Концертные залы. М.: Стройиздат. 1975 **24.02-01.10К**
 Концертные залы. Архитектурно-конструктивные
 особенности: учеб. пособие. Нижний Новгород: ННГАСУ.
 2017 **24.02-01.3К**
 Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики.
 Труды XV Всероссийской конференции, 21—25 сентября
 2020 г. СПб.: б.и. 2020 **24.02-01.5К**
 Рекомендации по проектированию концертных залов. М.:

Москомархитектура. 2004 **24.02-01.2К**
Труды Института прикладной астрономии РАН № 65. СПб.:
ИПА. 2023 **24.02-01.9К**

Труды Института прикладной астрономии РАН № 66. СПб.:
ИПА. 2023 **24.02-01.8К**

СОДЕРЖАНИЕ

Конгрессы, конференции, семинары, симпозиумы, советы, совещания	24.02-01.1
Библиография	24.02-01.2
Персоналии	24.02-01.12
Классические проблемы линейной акустики и теории волн	24.02-01.22
Нелинейная акустика	24.02-01.72
Физическая акустика	24.02-01.81
Акустика океана, гидроакустика	24.02-01.154
Атмосферная и аэроакустика	24.02-01.265
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика	24.02-01.270
Акустическая экология; Шумы и вибрации	24.02-01.288
Акустика помещений; Музыкальная акустика	24.02-01.314
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование	24.02-01.317
Акустика живых систем; Биологическая акустика	24.02-01.320
Физические основы технической акустики	24.02-01.326
Акустика в инженерном деле	24.02-01.366
Физика	24.02-01.367
Астрономия	24.02-01.401
Авторский указатель Указатель источников	