

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.

№ 04
Москва 2024

Выходит 6 раз в год

Библиография

24.04-01.1 Система цикло-продолженного информационного обеспечения в области акустики. Горшков А.Б., Шамаев В.Г. Акустический журнал. 2024. 70, № 2, с. 289-296. Рус.

Информационное обслуживание акустики, которое обеспечивается порталом “Акустика. Русскоязычные источники”, состоит из трех частей — журнальной, сигнальной и поисковой. Важной частью портала, журнальной, служит полнотекстовый архив “Акустического журнала” за все годы его существования, начиная с 1955 г. Архив выложен в открытом доступе на сайте <http://www.akzh.ru> уже более 10 лет. Приводится актуальное состояние Архива по многим параметрам: структуре, статистическим данным по наполнению, авторам, пользователям и многое другое.

24.04-01.2 Гамма-кванты и нейтрино из космоса: что видим сейчас и что нужно, чтобы увидеть больше (Научная сессия Отделения физических наук Российской академии наук, 21 апреля 2023 г.) Быков А.М., Суриц Р.А. УФН. 2024. 194, № 4, с. 369-370. Рус.

21 апреля 2023 г. в актовом зале Физико-технического института (ФТИ) им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (РАН) (Санкт-Петербург, Политехническая 26) состоялась научная сессия Отделения физических наук (ОФН) РАН “Гамма-кванты и нейтрино из космоса: что видим сейчас и что нужно, чтобы увидеть больше”. Объявленная на web-сайте ОФН РАН <http://www.grad.ac.ru> повестка заседания содержала нижеследующую программу. Обзорные доклады: 1. Сюняев Р.А. (Институт космических исследований (ИКИ) РАН, Москва). Основные результаты четырех полных обзоров всего неба в рентгеновских лучах телескопом eРозита на спутнике СПЕКТР-

РГ. 2. Троицкий С.В. (Институт ядерных исследований (ИЯИ) РАН, Москва). Происхождение астрофизических нейтрино высоких энергий: обзор результатов и перспектив. 3. Быков А.М. (ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург). Источники космического излучения высоких энергий: результаты и перспективы. 4. Лутовинов А.А. (ИКИ РАН, Москва). Статус и перспективы российских орбитальных телескопов для астрофизики высоких энергий. Дискуссия I: “Проблемы астрофизики высоких энергий”. Участники: М.Р. Гильфанов (ИКИ РАН), В.А. Догель (Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (ФИАН), Москва), Л.М. Зелёный (ИКИ РАН), Ю.Ю. Ковалёв (Астро-космический центр (АКЦ) ФИАН), В.В. Кочаровский (Институт прикладной физики (ИПФ) РАН, Нижний Новгород), Л.А. Кузьмичёв (Научно-исследовательский институт ядерной физики (НИИЯФ) Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ), К.А. Постнов (Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ), Е.М. Чуразов (ИКИ РАН) и др. Дискуссия II: “Детекторы космического излучения сегодня и завтра” (модераторы: Р.А. Суриц, А.М. Черепашук, К.А. Постнов) 5. Левин В.В. (ИКИ РАН, Москва). Детекторы и интегральные схемы орбитальных телескопов. 6. Ерёмин В.К. (ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, Санкт-Петербург). Современные кремниевые детекторы для астрофизики высоких энергий. 7. Власюк В.В. (Специальная астрономическая обсерватория (САО) РАН, Нижний Архыз). Современные твердотельные приёмники в астрономии: перспективы для России. 8. Афанасьева И.В. (САО РАН, Нижний Архыз). Создание фотоприёмных систем на базе крупноформатных КМОП-приёмников в САО РАН. 9. Лубсандоржиев Б.К. (ИЯИ РАН, Москва). Детекторы для нейтринных телескопов.

Персоналии

24.04-01.3 Игорь Ростиславович Шафаревич (к столетию со дня рождения). Горчинский С.О., Куликов Вик.С., Никулин В.В., Орлов Д.О., Оситов Д.В., Попов В.Л., Тюрин Н.А., Шабат Г.Б., Шафаревич А.И., Шокуров В.В. Успехи математических наук. 2023. 78, № 6, с. 187-198. Рус.

Выдающийся русский математик, философ и публицист Игорь Ростиславович Шафаревич родился 3 июня 1923 г. в Житомире. DOI: <https://doi.org/10.4213/rm10158>.

24.04-01.4 Андрей Игоревич Шафаревич (к шестидесятилетию со дня рождения). Горчинский С.О., Данилов В.Г., Доброхотов С.Ю., Козлов В.В., Назайкинский В.Е., Нефедов Н.Н., Орлов Д.О., Степкин С.А., Тайманов И.А., Трещев Д.В., Тюрин Н.А., Фоменко А.Т., Якуш С.Е. Успехи математических наук. 2024. 79, № 3, с. 185-188. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.4213/rm10169>. 1 сентября 2023 г. исполнилось шестьдесят лет со дня рождения члена-

корреспондента Российской академии наук декана механико-математического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Андрея Игоревича Шафаревича. А.И. Шафаревич родился в 1963 г. в Москве в семье математиков: отец Игорь Ростиславович Шафаревич — выдающийся русский ученый, публицист и мыслитель, мать Нина Ивановна много лет преподавала математику в Московском инженерно-физическом институте. В 1981 г. Андрей Игоревич поступил на физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, поскольку дорога на механико-математический факультет была для него закрыта из-за общественной позиции и правозащитной деятельности его отца, незадолго до этого уволенного из Московского университета.

24.04-01.5 Сергей Петрович Новиков (1938—2024). *Успехи математических наук.* 2024. 79, № 4, с. 3. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.4213/rm10192>.

24.04-01.6 Борис Николаевич Четверушкин (к восьмидесятилетию со дня рождения). *Аптекарев А.И., Безродный С.И., Гузев М.А., Кабанихин С.И., Кашин Б.С., Кисляков С.В., Козлов В.В., Лукьянов Н.Ю., Марков М.Б., Орлов Д.О., Осипов Ю.С., Петров И.Б., Платонов В.П., Тайманов И.А., Тишкин В.Ф., Трещев Д.В., Тыртышников Е.Е., Якобовский М.В.* *Успехи математических наук.* 2024. 79, № 4, с. 181-187. 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 параллельных вычислений, педагога и организатора науки, академика РАН, члена Президиума РАН, заместителя академика-секретаря Отделения математических наук РАН. DOI: <https://doi.org/10.4213/rm10191>.

24.04-01.7 Астрономические исследования на математическом факультете Санкт-Петербургского университета. I. *Прокопьева М.С., Крайни Х.А., Ильин В.Б.* *Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия.* 2024. 11, № 2, с. 228-258. Рус.

Рассматривается развитие астрономических исследований, выполнявшихся в Санкт-Петербургском университете с момента его основания. Кратко описана тематика работ и выделены основные достижения университетских астрономов в XVIII—XIX вв. Перечислены важнейшие исследования, проводившиеся в университете в различных областях астрономии в XX в. Определенный акцент сделан на математической стороне работ.

24.04-01.8 Становление системы наблюдения за искусственными спутниками Земли в Сибири (1957—1965 гг.) *Муренко Д.И., Осипов А.Г.* *История науки и техники.* 2024, № 6, с. 3-12. Рус.

Рассмотрены аспекты создания на региональном уровне станций наблюдения за искусственными спутниками Земли (ИСЗ), являющимися компонентами единой системы, которая охватывала всю страну. Сибирь здесь занимала особое место, поскольку позволяла существенно расширить базис наблюдений. Система станций наблюдения за ИСЗ ускорила применение результатов космических исследований в народном хозяйстве, технологий двойного назначения, новых технических средств. Сделан вывод: сибирские станции наблюдения внесли значительный вклад в исследования в области астрономии, геодезии, ионосферы Земли. Становление системы наблюдения ИСЗ позволило произвести значительные изменения учебных программ геодезических специальностей, привело к созданию новых дисциплин и практических курсов в высших учебных заведениях. Ключевые слова: Астросовет, астрономия, базис наблюдений, Сибирь, станции наблюдения за ИСЗ, Академия наук СССР, высшая геодезия, обсерватории, космические исследования, ВПК, оборонная промышленность, ионосфера, простейший спутник.

24.04-01.9 К 130-летию П. Л. Капицы. *Ж. эксперим. и теор. физ.* 2024. 166, № 1, с. 5-8. Рус.

8 июля исполняется 130 лет со дня рождения П.Л. Капицы.

Пётр Леонидович известен пионерскими фундаментальными экспериментами в области физики. Его открытие сверхтекучести, безусловно, принадлежит к наиболее ярким достижениям физики XX века. Огромное значение имеют его инженерные разработки в области получения сверхсильных магнитных полей, индустрии кислорода, электроники больших мощностей. Он был новатором в организации физико-математического образования, одним из основателей Физтеха с его системой базовых кафедр. Эта система обеспечила принципиально новый подход в обучении ученых, исследователей и конструкторов. Его гражданская позиция и общественная деятельность, работа в Академии наук СССР в критические моменты помогала выводить из беды и неволи талантливых физиков. Капица создал один из лучших мировых исследовательских центров по фундаментальной физике — Институт физических проблем АН СССР (сейчас РАН). В Институте он собрал коллектив способных физиков и создал там атмосферу свободного творчества, в которой работа ученых была чрезвычайно результативной и плодотворной. В течение многих лет, с 1955 года и до самой смерти в 1984 году, он был бессменным главным редактором нашего журнала. Личность П.Л. Капицы многие годы привлекает внимание людей всего мира, независимо от их возраста и специальности. Мы приводим здесь выдержки из небольшого очерка академика А.Ф. Андреева о Петре Леонидовиче. Очерк подготовлен по случаю 100-летия со дня рождения П.Л. Капицы и опубликован в четвертом номере журнала Природа за 1994 год. Это яркое выступление яркого ученого, принадлежавшего к научному сообществу Капицы, даже спустя 30 лет после написания и спустя более 40 лет после смерти Петра Леонидовича продолжает быть абсолютно современным и волнующим.

24.04-01.10 Памяти Виталия Анатольевича Зверева (03.11.1924—06.03.2024). *Акустический журнал.* 2024. 70, № 2, с. 297-298. Рус.

Акустическое сообщество страны понесло тяжелую утрату: 6 марта 2024 г. ушел из жизни выдающийся ученый, член-корреспондент РАН Виталий Анатольевич Зверев. В.А. Зверев — автор более 200 публикаций, в числе которых пять монографий и 30 изобретений. Более 80 своих статей он опубликовал на страницах «Акустического журнала», став одним из наиболее продуктивных его авторов. Многие его работы стали классикой современной акустики и ее приложений.

24.04-01.11 От «слуховой трубки» к конформной антенне. История АО «Концерн «Океанприбор» — 75 лет развития систем шумопеленгования. *Селезнев И.А.* *Гидроакустика.* 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.

24.04-01.12 Спиновая физика Зельдовича (к 110-летию со дня рождения Якова Борисовича Зельдовича). *Бучаченко А.Л.* *УФН.* 2024. 194, № 4, с. 365-368. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2024.03.039668>.

24.04-01.13 Памяти Владимира Моисеевича Аграновича. *Александров Е.Б., Багаев С.Н., Иеченко Е.Л., Кведер В.В., Задков В.Н., Захидов А.А., Камчатнов А.М., Лозовик Ю.Е., Розанов Н.Н., Суриц Р.А., Шалагин А.М., Шен Ю.Р.* *УФН.* 2024. 194, № 6, с. 675-676. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2024.05.039680>.

24.04-01.14 Памяти Роберта Арнольдовича Сурица. *Александров Е.Б., Забродский А.Г., Иванов С.В., Иеченко Е.Л., Кведер В.В., Красильник З.Ф., Красников Г.Я., Литвак А.Г., Руденко О.В., Рудской А.И., Садовский М.В., Чаплик А.В.* *УФН.* 2024. 194, № 6, с. 677-678. Рус.

DOI: [10.3367/UFNr.2024.05.039690](https://doi.org/10.3367/UFNr.2024.05.039690).

24.04-01.15 Иван Александрович Щербаков (к 80-летию со дня рождения). *Балега Ю.Ю., Бондур В.Г., Гарнов С.В., Зелёный Л.М., Казаков Д.И., Кведер В.В., Левченко А.А., Матвеев В.А., Месяц Г.А., Руденко О.В., Сергеев А.М., Шустов Б.М.* *УФН.* 2024. 194, № 7, с. 791-792. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2024.06.039702>.

24.04-01.16 Физическому институту им. П.Н. Лебе-

дева Российской академии наук (ФИАН) — 90 лет. *Колачевский Н.Н. УФН.* 2024. 194, № 8, с. 793-794. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFN.2024.06.039702>.

24.04-01.17 От проекта "Спектр-Р" к проекту "Спектр-М": вехи космической радиоастрономии. *Лихачёв С.Ф., Ларченкова Т.И. УФН.* 2024. 194, № 8, с. 814-825. Рус.

Представлен обзор основных технических решений проекта "Спектр-Р" ("Радиоастрон") и научных результатов, полученных в ходе его реализации в 2011—2019 гг. Также кратко описаны общие характеристики и научные задачи космической обсерватории "Миллиметрон" ("Спектр-М"), являющейся развитием проекта "Спектр-Р" в субмиллиметровый диапазон длин волн и планируемой к запуску в начале 2030-х годов. Головной научной организацией в обоих проектах является Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН.

24.04-01.18 Трековая методика в современной физике атомного ядра и элементарных частиц, астрофизике и нанотехнологиях. *Горбунов С.А., Волков А.Е., Жуков К.И., Коновалова Н.С., Полушина Н.Г., Старков Н.И., Щедрина Т.В. УФН.* 2024. 194, № 8, с. 826-852. Рус.

Трековые детекторы широко применяются в фундаментальных и прикладных исследованиях на современных ускорителях, при изучении природы частиц космического происхождения, для мюнографии, способствуя пониманию структуры и свойств материи. Преимуществом методики является нагляд-

ность результатов, возможность восстановления траекторий, вершин взаимодействия и точек распада частиц с точностью до нескольких микрометров. Специфические особенности различных экспериментов, требующие оригинальных решений при их постановке, обработке и интерпретации данных, обеспечивают мультидисциплинарное развитие тематики. Эволюцию трековой методики, помимо задач экспериментальной физики, определяют проблемы инновационных технологий и создания новых материалов. Эти тенденции можно проследить на примере работы Лаборатории элементарных частиц ФИАН, использующей в течение многих десятков лет в своих экспериментах трековые детекторы различных типов. В обзоре представлены идеи и результаты экспериментальных и модельных исследований мирового уровня, проведённых ранее и проводимых в настоящее время с участием сотрудников лаборатории, а также запланированных на ближайшее будущее.

24.04-01.19 К 60-летию Нобелевской премии за открытие лазерно-мазерного принципа. *Щербаков И.А. УФН.* 2024. 194, № 8, с. 899-902. Рус.

Описана краткая история получения Нобелевской премии 1964 года Н.Г. Басовым, А.М. Прохоровым и Чарльзом Таунсом за "фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию излучателей и усилителей на мазерно-лазерном принципе". Подчёркивается роль отечественных учёных в создании новых направлений физики, промышленных и медицинских технологий, основанных на применении лазеров.

Классические проблемы линейной акустики и теории волн

Математическая теория распространения волн

24.04-01.20 Математическое исследование двухфазных зернистых сред методом сейсмоакустической эмиссии. *Поленов В.С., Чигарев А.В. Теоретическая и прикладная механика.* 2022, № 37, с. 54-60. Рус.

Математически исследуется двухфазная зернистая среда при помощи сейсмоакустической эмиссии, возникающей в пластах двухфазных пористых коллекторов, первая фаза которого состоит из жидкости или газа, заполняющая промежутки между зёрнами и зернистой твёрдой фазы (вторая фаза). Зёрна твёрдой фазы могут иметь любую конфигурацию. В таких средах механизм передачи усилия проявляется через контакты между зёрнами. В этом случае предполагается, что микродеформации и смещения твёрдой фазы малы и эффекты прочности твёрдой фазы проявляются в тензоре фиктивных напряжений. Жидкость первой фазы будем считать сжимаемой.

24.04-01.21 Свободные колебания криогенной вращающейся жидкости в цилиндрической полости. *Темнов А.Н., Шжапов П.М., Ян Нанг У. Труды МАИ.* 2024, № 2(135), с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=179674>. Рус.

Рассматриваются вопросы свободных колебаний вращающейся идеальной криогенной жидкости, находящейся внутри цилиндрического сосуда с жесткими стенками. Криогенные жидкости характеризуются неравномерным изменением температуры и плотности во время эксплуатации и хранения. Наиболее существенное расслоение криогенной составляющей происходит в направлении действия внешнего поля массовых сил. Для исследования движения подобной механической системы использована модель стратифицированной несжимаемой идеальной жидкости. Приведены результаты расчётов собственных частот свободных колебаний вращающейся криогенной жидкости для внутренних и поверхностных волн при заданной частоте плавучести.

24.04-01.22 Смешанное дифференциальное уравнение типа Буссинеска. *Юлдашев Т.К. Вестн. Волгогр. Гос. Ун-та. Сер. 1: Математика. Физика.* 2016. 19, № 2, с. 13-26. Рус.

Рассмотрены вопросы разрешимости и построения решения

нелокальной смешанной задачи для однородного смешанного дифференциального уравнения типа Буссинеска. Использован спектральный метод, основанный на разделении переменных. Решение поставленной задачи представляется в виде ряда Фурье с разделёнными переменными. Установлен критерий единственности решения. При выполнении этого критерия доказана однозначная разрешимость задачи. Когда нарушается критерий единственности, решение данной задачи при определенных условиях представляется в виде суммы рядов Фурье.

24.04-01.23 Об эволюции иерархии ударных волн в двумерной изобарической среде. *Рыков Ю.Г. Известия Российской академии наук. Серия математическая.* 2024. 88, № 2, с. 96-126. Рус.

Изучается процесс распространения ударных волн в двумерных средах без собственного перепада давления. Модель таких сред представляет собой систему уравнений газовой динамики, где формально давление положено равным нулю. С точки зрения теории систем законов сохранения рассматриваемая система уравнений является в некотором смысле вырожденной, и, вследствие этого, соответствующие обобщённые решения обладают сильными особенностями: эволюционирующими ударными волнами с плотностью в виде дельта-функций на многообразиях разной размерности. Это свойство будем обозначать как эволюцию иерархии сильных особенностей или эволюцию иерархии ударных волн. В двумерном случае доказано существование такого взаимодействия сильных особенностей с дельта-функцией плотности вдоль кривых в пространстве \mathbb{R}^2 , при котором возникает концентрация плотности в точке, т.е. возникает иерархия ударных волн. Описаны свойства подобной динамики сильных особенностей. Полученные результаты являются отправной точкой для перехода в дальнейшем к гораздо более интересному многомерному случаю.

24.04-01.24 Термоакустическое адвективное течение во вращающемся горизонтальном слое жидкости. *Шварц К.Г. Инженерно-физический журнал.* 2024. 97, № 3, с. 691-698. Рус.

Представлено точное аналитическое решение уравнений Навье—Стокса, описывающее в приближении Буссинеска течение несжимаемой жидкости во вращающемся вокруг вертикальной оси плоском горизонтальном слое с твёрдыми граница-

ми. Течение имеет адвективную и термоакустическую природу и вызвано постоянным продольным градиентом температуры на границах слоя и распространением в жидкости акустической волны. Длина акустической волны предполагается сравнимой с толщиной слоя, а период акустических колебаний жидкости малым по сравнению с характерными конвективными временами, что делает эффективным описание осредненного течения жидкости. Изучаются свойства полученного решения, влияние числа Тейлора на профили скорости и температуры течения при фиксированных значениях чисел Грасгофа, Рейнольдса и Прандтля.

24.04-01.25 Интегрирование уравнения мКдФ с зависящими от времени коэффициентами, с дополнительным членом и с интегральным источником в классе быстроубывающих функций. Хоитметов У.А., Собиров Ш.К. Вестник Удмуртского ун-та: Математика. Механика. Компьютерные науки. 2024. 34, № 2, с. 248-266. Рус.

Работа посвящена интегрированию модифицированного уравнения Кортевега—де Фриза с зависящими от времени коэффициентами, дополнительным членом и интегральным источником в классе быстроубывающих функций с использованием метода обратной задачи рассеяния. В данной работе рассматривается случай, когда оператор Дирака, входящий в пары Лакса, не является самосопряженным, поэтому собственные значения оператора Дирака могут быть кратными. Получена эволюция данных рассеяния для несамосопряженного оператора Дирака, потенциал которого представляет собой решение модифицированного уравнения Кортевега—де Фриза с зависящими от времени коэффициентами, с дополнительным членом и с интегральным источником класса быстроубывающих функций. Приведен пример, иллюстрирующий применение полученных результатов. Ключевые слова: самосопряженный оператор Дирака, решения Йоста, данные рассеяния, пары Лакса.

24.04-01.26 Моделирование решения акустической обратной задачи рассеяния для трехмерной нестационарной среды. Вакушинский А.Б., Леонов А.С. Акустический журнал. 2024. 70, № 1, с. 92-103. Рус.

Рассматривается обратная задача акустического зондирования трехмерной нестационарной среды, основанная на задаче Коши для волнового уравнения с коэффициентом скорости звука, зависящим от пространственных координат и времени. Данными в обратной задаче являются измерения акустического давления, зависящего от времени, в некоторой пространственной области. По этим данным необходимо определить меняющиеся со временем положения локальных акустических неоднородностей (пространственных распределений скорости звука). Используется специальная идеализированная модель зондирования, в которой, в частности, предполагается, что пространственное распределение скорости звука мало меняется в промежутке между временными импульсами источника. В рамках такой модели обратная задача сводится к решению для каждого временного отрезка зондирования трехмерных линейных интегральных уравнений Фредгольма. По этим решениям вычисляются пространственные распределения скорости звука на каждом временном интервале зондирования. При включении в схему зондирования специальной (плоскослойной) геометрической схемы расположения областей наблюдения и зондирования, оказывается, что обратную задачу можно свести к решению систем одномерных линейных интегральных уравнений Фредгольма, для решения которых используются известные методы регуляризации некорректных задач. Это позволяет решать трехмерную обратную задачу определения нестационарного распределения скорости звука в зондируемой среде на персональном компьютере средней производительности для достаточно подробных пространственных сеток за несколько минут. Эффективность соответствующего алгоритма решения трехмерной нестационарной обратной задачи зондирования в случае движущихся локальных акустических неоднородностей иллюстрируется решением ряда модельных задач.

24.04-01.27 Корреляционный итерационный метод акустической томографии с некогерентными источниками поля. Дмитриев К.В. Акустический журнал. 2024. 70, № 2, с. 143-155. Рус.

Предложен метод восстановления акустических параметров среды с помощью итерационной обработки матриц когерентности акустического поля случайных источников, для части из которых известна их плотность мощности. Обсуждаются возможности повышения устойчивости и ускорения сходимости метода. Проводится сравнение результатов восстановления с функционально-аналитическим подходом, основанным на обработке амплитуды рассеяния.

24.04-01.28 Внутренние симметричные волны Лэмба для больших фазовых скоростей. Мокряков В.В. Акустический журнал. 2024. 70, № 2, с. 156-166. Рус.

Рассмотрены симметричные волны Лэмба с фазовой скоростью, превышающей скорость волн расширения в бесконечной среде. Доказано, что в этом диапазоне фазовых скоростей возможны внутренние волны, т.е. решения волнового уравнения, которые имеют нулевые значения компонент деформаций и напряжений на поверхности и при этом ненулевые их значения внутри пластины. Вычислены параметры внутренних волн (фазовая скорость, частота, длина волны), а также доказано, что частоты внутренних волн одной фазовой скорости образуют арифметическую прогрессию. Рассмотрены несколько внутренних волн, представлены сечения соответствующих деформированных пластин, распределения максимальных величин растяжения и сдвига.

Отражение, дифракция и рефракция волн

24.04-01.29 Дифракция низкочастотных волн на упругих тонкостенных оболочках вращения. Приходько В.Ю., До Ву Минь Таанг. RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.)), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2020. 8, № 6, с. 157-166. Рус.

Найдены асимптотические и функциональные соотношения, связывающие характеристики рассеянного ближнего и дальнего полей с упругими и спектральными характеристиками тонкостенных вытянутых упругих оболочек, описываемых теорией Лява. Исследование проводилось методом двумасштабных разложений. Для ближнего рассеянного поля получены рекуррентные системы краевых задач для уравнений Лапласа и Пуассона, решения которых найдены в явном виде. Диаграммы направленности рассеянного поля получены при помощи теории волновых потенциалов для уравнения Гельмгольца. Найдены асимптотические формулы для плотностей потенциалов простого и двойного слоев. Это позволило представить асимптотику диаграммы направленности рассеянного поля в виде параметрических интегралов, зависящих от углов падения и наблюдения, частоты, формы поверхности и материальных характеристик оболочки. Асимптотический метод оказался эффективен для сильно вытянутых оболочек, когда отношение максимального продольного диаметра к максимальному диаметру вращения больше десяти. Для таких сильно вытянутых тел применение различных разностных и итерационных схем проблематично из-за трудностей триангуляции поверхности оболочки. Приведены численные реализации расчетов диаграмм направленности стальной оболочки сфероидальной формы в воде при различных углах падения плоских волн в широком диапазоне частот. Проведенные в работе численные расчеты не привязаны к определенной частоте, так как геометрические размеры приведены в длинах волн. Расчеты показали, что диаграмма направленности для вытянутых тел начинает отличаться от сферически симметричной при значениях $kl > 4$. При возрастании волновых размеров оболочки возникают лепестки диаграммы направленности, направление которых зависит от вышеуказанных параметров. Количество лепестков, их направленности и мощность можно изменять при помощи специальных распределений импедансов поверхности оболочек.

24.04-01.30 Использование головных волн для определения остаточных и температурных напряжений в рельсах. Курашкин К.В., Кириллов А.Г., Гончар А.В. Акустический журнал. 2024. 70, № 1, с. 49-56. Рус.

Исследована возможность акустической тензометрии продольных остаточных и температурных напряжений в рельсах с

помощью головных волн. Проведен теоретический анализ влияния напряжения и температуры на скорость распространения упругих волн в рельсовой стали. Приведен алгоритм определения продольного напряжения в рельсе на основе измерений времени распространения головных волн. Описан принцип работы и представлены основные параметры экспериментального образца акустического тензомера, в котором реализована дифференциальная схема измерения времени распространения головных волн. Излучение и прием головных волн, распространяющихся вдоль рельса, осуществляется с поверхности катания головки рельса с помощью контактных пьезоэлектрических преобразователей, расположенных на призмах из полиметилметакрилата. Представлены результаты акустомеханических испытаний и температурных тестов. Выполнен расчет погрешностей измерений. Приведены результаты оценки уровня остаточных сварочных напряжений в головке нового рельса. Экспериментальные результаты сравниваются с теоретическими оценками напряжений, которые возникают в рельсе под воздействием температуры, а также с имеющимися в литературе данными по остаточным напряжениям в рельсах.

24.04-01.31 Излучение акустических волн из плоского канала, приближенное решение. Жаров В.А. Вестник государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика. 2023, № 4, с. 19-33. Рус.

Цель: рассмотреть процесс излучения звуковой волны (главная мода) из полубесконечного канала без фланца, когда воздух внутри и вне канала покоится; развить процедуру приближенного получения решения, которая позволяет получить коэффициенты отражения и трансформации волны основной моды на срезе канала, а также диаграмму направленности и пространственное распределение акустического давления вне канала; сравнить с точным аналитическим решением. Процедура и методы. Решение задачи выражено через собственные функции задачи непрерывного и дискретного спектра. В качестве условий замыкания использованы условия непрерывности решения на срезе канала. Результаты. Определены приближенные характеристики излучения звука из канала без фланцев, минуя процедуру Винера—Хопфа. Теоретическая и/или практическая значимость. Предложенная процедура упрощает получение решения по сравнению с методом Винера—Хопфа, что в случае движущегося в канале газа позволяет связать процесс генерации звука с характеристиками пограничного слоя на стенках канала.

Рассеяние акустических волн

24.04-01.32 Особенности рэлеевского рассеяния на частице, расположенной вблизи межфазной поверхности. Максимов А.О. Акустический журнал. 2024. 70, № 1, с. 3-10. Рус.

Выявлены особенности рэлеевского рассеяния на твердой частице, расположенной на малом по сравнению с длиной волны расстоянии от непроницаемой плоской границы. Выбор функции Грина в интегральном представлении уравнения Гельмгольца позволяет свести задачу к интегрированию только по поверхности частицы и исключить вклад межфазной поверхности. При разложении по малому волновому параметру используется известный подход, позволяющий представить решение данного порядка в виде суммы потенциальной функции и компоненты, выраженной через приближения низших порядков. Найдена потенциальная составляющая, которая выражается через пространственные иррегулярные гармоники, центрированные на частице и ее зеркальном изображении. Определена колебательная скорость центра частицы и амплитуда рассеяния. В низшем порядке по волновому числу амплитуда рассеяния выражается через монополярную и дипольную составляющие.

Упругие волны в твердых телах

См. 24.04-01.28

Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

24.04-01.33 Численное исследование влияния коагуляции капель на динамику двухфракционного аэрозоля в акустическом резонаторе. Тукмаков Д.А., Тукмакова Н.А. RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.); Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2021. 9, № 2, с. 96-104. Рус.

Исследование посвящено изучению влияния коагуляции капель дисперсной фазы на колебания аэрозоля в акустическом резонаторе. Математическая модель динамики аэрозоля реализует континуальную математическую модель динамики многофазной среды, учитывающей скоростную и тепловую неоднородность компонент смеси. Для описания динамики несущей среды применяется двухмерная нестационарная система уравнений Навье—Стокса для сжимаемого газа, записанная с учетом межфазного силового взаимодействия и межфазного теплообмена. Для описания динамики дисперсной фазы для каждой ее фракции решается система уравнений, включающая в себя уравнение неразрывности для «средней плотности» фракции, уравнения сохранения пространственных составляющих импульса и уравнение сохранения тепловой энергии фракции дисперсной фазы газозвеси. Межфазное силовое взаимодействие включало в себя силу Архимеда, силу присоединенных масс и силу аэродинамического сопротивления. Также учитывался теплообмен между несущей средой — газом и каждой из фракций дисперсной фазы. Математическая модель динамики полидисперсного аэрозоля дополнялась математической моделью столкновительной коагуляции аэрозоля. Для составляющих скорости компонент смеси задавались однородные граничные условия Дирихле. Для остальных функций динамики многофазной смеси задавались однородные граничные условия Неймана. Уравнения решались явным методом Мак-Кормака со схемой нелинейной коррекции, позволяющей получить монотонное решение. В результате численных расчетов было определено, что вблизи генерирующего колебания поршня образуется область с повышенным содержанием крупнодисперсных частиц. Процесс коагуляции приводит к монотонному росту объемного содержания фракции крупнодисперсных частиц и монотонному уменьшению объемного содержания мелкодисперсных частиц.

24.04-01.34 Влияние слаборасходящегося акустического пучка на формирование пространственно-временной структуры импульсных сигналов в подводном звуковом канале. Петухов Ю.В., Бородина Е.Л. Акустический журнал. 2024. 70, № 2, с. 225-231. Рус.

На примере типичного для Филиппинского моря подводного звукового канала численным моделированием с использованием модовой теории установлено, что при экспериментальных исследованиях распространения взрывных сигналов Р.А. Вадовым впервые наблюдалось проявление слаборасходящегося пучка в пространственно-временной структуре акустического поля, состоящее в регистрации при определенных расположениях корреспондирующих точек в океаническом волноводе наряду с классическими четверками импульсов дополнительных акустических сигналов с малыми временными задержками по отношению к ним.

24.04-01.35 Принцип Сен-Венана в задачах нелокальной теории упругости. Кувыркин Г.Н., Соколов А.А. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2023, № 4, с. 4-17. Рус.

При моделировании конструкционных материалов приходится использовать модели, учитывающие структурные особенности на микроуровне. К таким моделям можно отнести модель нелокальной теории упругости Эрингена. Рассмотрено применение указанной модели в сравнении с классической моделью упругости. Главная особенность нелокальной модели состоит в том, что она учитывает дальние взаимодействия частиц сплошной среды, классическая постановка является ее частным случаем. При этом уравнения имеют интегро-дифференциальную форму, что в значительной степени усложняет получение аналитических решений. В связи с этим для поиска решений был применен метод конечных элементов с использованием изопараметрических конечных элементов. Здесь, как и в классической модели теории упругости, выполняются основные баланс-

ные соотношения. Однако полученные решения в значительной степени отличаются от классических, поскольку у таких решений проявляется кромочный эффект вблизи свободных границ области. Этот эффект, а также сохранение баланса сил продемонстрированы на примере выполнения принципа Сен-Венана при растяжении прямоугольной пластины. Полученные в нелокальной постановке решения демонстрируют значительное снижение уровня растягивающего напряжения вблизи свободных границ и касательные напряжения в поперечном сечении.

24.04-01.36 Поле направленного низкочастотного акустического излучателя в пограничном слое атмосферы. Семенова И.В., Корнеева А.А. Вестник Самарского гос. ун-та. 2023. 29, № 1, с. 64-73. Рус.

В связи с тем, что именно к низкочастотным относятся многие излучатели волн, которые способен воспринимать человек, актуальными являются исследования звуковых полей, создаваемых такими излучателями. Благодаря полученным результатам становится возможным понимать, в каких направлениях и с какой мощностью будет распространяться созданное ими звуковое поле, формировать практические рекомендации по выбору зоны, наиболее подходящей для наблюдения за ними, решать обратные задачи по определению их местоположения. В результате проведенного анализа существующих моделей, используемых для описания акустических излучателей, установлено, что наиболее адекватными являются модели, учитывающие направленность источников звука. Среди них отдельного внимания заслуживает параметрическая модель, предложенная Г.Н. Кузнецовым и А.Н. Степановым, которая и была использована в статье. В качестве модельного представления атмосферы была выбрана система однородных слоев, в одном из которых находится источник. Для выбранных моделей источника и среды поставлена краевая задача нахождения потенциала, создаваемого источником поля, получены точные и приближенные соотношения, которые могут быть использованы для решения прямых и обратных задач, связанных с мультипольным излучателем. Проведено исследование влияния на амплитудную составляющую поля таких факторов, как высота и частота источника, а также горизонтальное расстояние между источником и приемником.

См. также **24.04-01.29**

Излучение источников, импеданс, картины полей

24.04-01.37 Излучение звука сферой с переменной температурой. Петров А.Г., Копьев В.Ф. Тр. МФТИ. 2023. 15, № 4(60), с. 132-138. Рус.

Решена модельная задача излучения звука неоднородностями температуры в сжимаемом теплопроводном покоящемся газе. На поверхности сферы задан гармонический закон изменения температуры. Получены точные выражения для возмущений температуры и давления в линейной постановке при условии компактности сферы как источника звука. Показано, что вблизи сферы возмущения давления малы и его можно считать постоянным, что позволяет вблизи использовать классическое уравнение теплопроводности и альтернативным образом получить выражение для возмущений давления вдали от сферы на основе оценки скорости изменения объема пристенного сферического слоя.

24.04-01.38 Исследование возникновения устойчивого вибрационного горения и его преимущества. Гешева В.Д., Раскатов И.П. Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 4, с. 979-984. Рус.

Исследованы физические характеристики при горении твердого биотоплива на установке типа "труба Рийке". Обнаружено снижение температуры пламени и увеличение плотности теплового потока на стенке трубы при возникновении вибрационного горения. Для исследования вибрационного горения в условиях, приближенных к практическому использованию в энергетических установках, проведены эксперименты на установке типа "емкость—труба". Получены оптимальные параметры установки для реализации вибрационного горения твердого

биотоплива. Разработана теоретическая модель развития звуковых возмущений волны горения и ее влияние на теплообменные характеристики. Получена эмпирико-теоретическая зависимость для расчета теплообмена в трубе Рийке при вибрационном горении. Предложена модель расчета амплитуды возмущений для неустойчивостей в установках "емкость—труба". Ключевые слова: вибрационное горение, температура пламени, твердое топливо, плотность теплового потока, мощность звукового излучения, установки типов "труба Рийке" и "емкость—труба".

См. также **24.04-01.25, 24.04-01.36**

Численные методы, компьютерное моделирование

24.04-01.39 Численное моделирование ударных волн в неравновесном химически активном газе. Храпов С.С. Математическая физика и компьютерное моделирование. 2024. 27, № 1, с. 86-96. Рус.

Рассмотрена нелинейная динамика неустойчивых звуковых волн в неравновесном колебательно-возбужденном газе с учетом вязкости, теплопроводности, химических реакций и произвольных зависимостей времени релаксации, функций нагрева и охлаждения от плотности и температуры. Построена численная модель и разработан программный комплекс, основанный на газодинамических методах сквозного счета CSPH-TVD/MUSCL, для исследования линейной и нелинейной стадии развития акустической неустойчивости в неравновесном химически активном газе с различными моделями времени релаксации, нагрева и охлаждения. Численная модель обладает высоким пространственным разрешением и имеет второй порядок точности. Исследовано влияние химической активности в неравновесном колебательно-возбужденном газе на нелинейную динамику акустической неустойчивости. Показано, что учет химических реакций в неравновесном газе приводит к усилению акустической неустойчивости и в результате на конечной нелинейной стадии формируются ударно-волновые импульсы более высокой интенсивности и с большим пространственным масштабом. Исследована структура и устойчивость ударных волн (УВ) различной интенсивности. Показано, что ударные волны в неравновесном колебательно-возбужденном газе оказываются неустойчивыми, то есть за фронтом УВ происходит генерация неустойчивых возмущений, амплитуда которых с течением времени нарастает, достигая нелинейного насыщения.

24.04-01.40 Численное моделирование взаимодействия монодисперсной газовзвеси с ударной волной, движущейся под углом к границе разделения однородного газа и газовзвеси. Тукмаков Д.А. Математическая физика и компьютерное моделирование. 2024. 27, № 2, с. 29-47. Рус.

На основе континуальной методики динамики неоднородных сред численно моделировалось взаимодействие ударной волны, распространяющейся из однородного газа, с газовзвесью. Несущая среда описывалась, как вязкий, сжимаемый теплопроводный газ. Система уравнений математической модели интегрировалась конечно-разностным методом. Рассматривались большие объемные содержания дисперсной фазы. Исследовано влияние межфазного взаимодействия на процесс распространения ударной волны.

24.04-01.41 Сравнительный анализ верифицированного численного моделирования кавитации на основе модели Рэлея—Плессета к насосам ТНА жидкостного ракетного двигателя. Торгашин А.С., Жуйков Д.А., Назаров В.П., Бегиев А.М., Власенко А.В. Сибирский аэрокосмический журнал. 2021. 22, № 4, с. 660-671. Рус.

Турбонасосный агрегат (ТНА) — один из основных агрегатов жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Обеспечение работоспособности и возможности непрерывной подачи компонентов горючего и окислителя с заданным расходом и давлением на протяжении всего цикла работы ЖРД — одна из основных задач при проектировании ТНА. Негативным эффектом, проявляющимся в случае местного понижения давления до давле-

ния насыщенного пара, является кавитация. В настоящее время в связи с ростом вычислительных мощностей современных компьютерных систем все чаще применяются методы вычислительной гидродинамики (Computational Fluid Dynamics, CFD) для отработки антикавитационных параметров насоса в различных областях общего машиностроения. Применительно к ракетно-космической отрасли, отличающейся особыми требованиями к надежности, необходимо большее количество статистических данных. На данный момент нет модели кавитации, способной полностью смоделировать весь процесс зарождения, роста и схлопывания кавитационного пузыря. Однако существует ряд упрощенных моделей данного процесса, среди которых можно выделить численную модель Zwart—Gerber—Belamgi, предназначенную для моделирования кавитационного потока в насосах. Упомянутая модель является наиболее подходящей и применяется во всех рассмотренных далее работах. В данной работе проведен анализ экспериментальных данных и результатов численного моделирования насосов с различными параметрами расхода, давления и геометрии. В ходе работ с моделью расчёты произведены в среде ANSYS. В заключительной части сделан вывод о взаимосвязи характеристик и применимости модели Zwart—Gerber—Belamgi к проектированию кавитационного потока в ТНА ЖРД с учетом особенности работы насоса.

24.04-01.42 Расчет уровней гидродинамического шума трубопроводной арматуры численными методами. Мальцев А.Г., Михеев К.Г., Огуцов С.В., Пушкарев В.В. Морской вестник. 2024, № 2, с. 61-65. Рус.

Уровень гидродинамического шума (ГДШ) трубопроводной арматуры, возникающего при турбулентном течении жидкости, является одним из основных критериев оценки соответствия изделия предъявляемым требованиям, поэтому необходимо на этапе проектирования иметь возможность расчета данного параметра. Существуют различные методы расчета прогнозируемых уровней ГДШ. В инженерной практике широко используются методы, основанные на полумпирической теории турбулентных течений, а также статистические характеристики турбулентных потоков. Такой подход ограничивает круг решаемых задач относительно простыми случаями. Наиболее широкими возможностями расчета прогнозируемого уровня ГДШ обладают численные методы, пересекающиеся с моделированием турбулентных течений. Прогнозирование уровней ГДШ турбулентного потока, возникающего при обтекании трубопроводной арматуры, с помощью акустической аналогии Лайтхилла позволяет оценить различные варианты геометрии и модернизировать конструкцию с целью минимизации шума в необходимом диапазоне частот. Однако для более точного результата необходимо также учитывать и влияние вибрирующей твердой поверхности, ограничивающей область течения и генерирующей акустические волны. Для этого проводится моделирование взаимодействия механики жидкости и твердого тела с учетом двустороннего взаимодействия, что позволяет при акустическом расчете задать как гидродинамические источники шума, так и механические.

24.04-01.43 Численное исследование влияния генератора вихрей на сверхзвуковое обтекание крыла. Борисов В.Е., Константиновская Т.В., Луцкий А.Е. Мат. моделир. 2024. 36, № 4, с. 3-23. Рус.

Представлены результаты численного исследования и анализа влияния вихревых структур, сходящих с расположенного выше по потоку крыла-генератора, на обтекание сверхзвуковым потоком основного крыла. Рассматривается, в том числе, влияние размаха крыла-генератора.

24.04-01.44 Влияние границ потока при испытаниях затупленного тела на околосвуковых режимах. Глазков С.А., Ершов А.А., Семенов А.В., Михайлов М.В. Мат. моделир. 2024. 36, № 4, с. 37-52. Рус.

Представлены результаты численного моделирования обтекания околосвуковым потоком затупленного тела при нулевом угле атаки в рабочей части с проницаемыми стенками аэродинамической (АДТ) трубы Т-128 (Россия, ЦАГИ). Расчеты выполнены с помощью пакета программ EWT-128 ЦАГИ, в котором на стенках рабочей части используется граничное условие типа

Дарси. Коэффициент проницаемости в нем зависит от направления течения газа через проницаемую поверхность. Приводятся сравнение расчетных и экспериментальных коэффициентов сопротивления модели, а также распределений изэнтропического числа Маха на модели и на перфорированных стенках рабочей части АДТ. Предложен способ определения поправки к числу Маха набегающего потока для устранения влияния стенок рабочей части в аэродинамическом эксперименте (для такого типа моделей). Коэффициенты сопротивления, полученные в результате расчетов в условия АДТ, корректируются на влияние границ потока и сравниваются с данными безграничного обтекания. Расчетные поправки используются для коррекции экспериментальных данных.

24.04-01.45 Численное исследование разрывного метода Галеркина для решения уравнений Баера—Нунциато с мгновенной механической релаксацией. Полехина Р.Р., Савенков Е.Б. Мат. моделир. 2024. 36, № 4, с. 53-76. Рус.

Работа посвящена численному исследованию разрывного метода Галеркина для решения двухфазных уравнений Баера—Нунциато с мгновенной механической релаксацией. С математической точки зрения определяющая система уравнений является неконсервативной гиперболической. В отличие от консервативных гиперболических систем уравнений, для которых численные методы хорошо известны и развиты, численное решение неконсервативных гиперболических систем является более сложной задачей, требующей обобщения метода Годунова. Вычислительный алгоритм для решения этой модели основан на решении гиперболической части с помощью разрывного метода Галеркина 2-го порядка с консервативными по пути потоками HLLE или HLLEM. Для монотонизации решения используются лимитер WENO-S, который применяется непосредственно к консервативным переменным модели. Для учета релаксационных процессов предложен новый алгоритм мгновенной релаксации, в рамках которого определение равновесных значений скорости и термодинамических переменных сводится к решению системы алгебраических уравнений. Для проверки предложенного численного алгоритма результаты численных расчетов сравниваются с известными аналитическими решениями в одномерных постановках. Для демонстрации возможности предложенных алгоритмов рассматривается пространственно двумерная задача об обтекании ступеньки, а также двухфазный вариант задачи о тройной точке. Результаты расчетов показывают, что предложенный алгоритм является robustным и позволяет проводить расчеты для двухфазных сред со скачком плотностей 1000.

24.04-01.46 Численные эксперименты с совместной моделью атмосфера-океан ПЛАВ-NEMO. Фадеев Р.Ю., Веляев К.П., Кулешов А.А., Реснянский Ю.Д., Смирнов И.Н., Струков В.С., Зеленко А.А. Мат. моделир. 2024. 36, № 4, с. 116-132. Рус.

Приведены результаты численных экспериментов, выполненных с помощью совместной модели атмосферы, океана и морского льда, включающей полулагранжеву модель динамики атмосферы ПЛАВ и модель циркуляции океана с морским льдом NEMO-SI3 (Nucleus for European Modelling of the Ocean). Объединение моделей выполнено с помощью программного пакета OASIS3-MCT. Проанализирована пространственно-временная изменчивость характеристик океана на его поверхности и в толще воды.

24.04-01.47 Акустическое зондирование подводных выбросов. Гималтдинов И.К., Столповский М.В., Кочанова Е.Ю. Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 2, с. 361-367. Рус.

Численно исследовано взаимодействие волны давления конечной длины с газожидкостной зоной, представляющей собой срез затопленной струи смеси воды и нефти с пузырьками метана, в канале. Рассмотрена возможность определения степени раскрытия струи и объемных содержаний нефти и газа в ней по волнам давления, отраженным от границ струи.

24.04-01.48 Колебания жидкости в круговом цилиндре с возвышением на дне. Нестеров С.В., Калиниченко В.А. Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2024,

№ 1, с. 91-98. Рус.

В приближении длинных волн сформулирована и численно при использовании алгоритма ускоренной сходимости решена задача о стоячих волнах в круговом цилиндрическом сосуде с возвышением на дне. В результате проведенных расчетов с высокой точностью определена собственная частота основной волновой моды. Для сравнения теоретических результатов представлены новые экспериментальные данные по возбуждению стоячих поверхностных гравитационных волн в круговом цилиндрическом сосуде с параболическим и коническим возвышениями на дне. Показано совпадение рассчитанных и измеренных значений собственной частоты основной волновой моды в сосудах с профилированным дном.

24.04-01.49 Численное решение краевой задачи для инерционно-гравитационных внутренних волн. Воронников Д.И., Савченко А.М. Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2024, № 1, с. 112-122. Рус.

Представлен численный расчет начально-краевой задачи для уравнения свободных инерционно-гравитационных внутренних волн в неограниченном бассейне постоянной глубины в приближении Буссинеска и наличии двумерного вертикально-неоднородного течения. Краевая задача для амплитуды вертикальной скорости содержит комплексные коэффициенты и решается как численным методом, так и по теории возмущений. На примере расчета декремента затухания внутренних волн и волновых потоков импульса показано, что точный численный расчет дает существенно лучшие оценки в сравнении с методом возмущений. В частности, при минимальном расхождении в дисперсионных кривых для обоих методов расчета мнимая часть частоты волны, интерпретируемая как декремент затухания, может различаться на два-три порядка. Вертикальные волновые потоки импульса сравнимы с турбулентными и, в том числе, могут превышать их, при этом результаты, полученные численным методом, почти на порядок меньше вычисленных методом теории возмущений.

24.04-01.50 Исследование взаимного влияния корпуса маломерного судна и измерительной аппаратуры с использованием численного моделирования полей скорости. Чебан Е.Ю., Лукина Е.А., Кожевников А.И., Капустин И.А., Никущенко Д.В. Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 1-1, с. 282-291. Рус.

Изучение гидрологии водоемов остается актуальной проблемой для решения большого круга практических задач. Одним из способов исследования полей скорости на водных объектах является применение ADCP — акустических доплеровских профилографов течений (Acoustic Doppler Current Profiler) различных модификаций и производителей. В настоящей работе представлены результаты исследования взаимного влияния корпуса маломерного научно-исследовательского тримарана и профилографа ADCP с помощью методов вычислительной гидродинамики. Исследовано влияние различных вариантов крепления ADCP на гидродинамику судна, а также получены вызванные скорости при движении тримарана, в том числе с различными вариантами размещения профилографа по длине и глубине судна. Выявлены области неблагоприятной интерференции потоков вокруг корпуса судна и измерительного оборудования. Предварительные оценки показывают, что величина коррективов из измеряемых ADCP скоростей, может составлять 5–10% в зависимости от места его расположения. Полученные значения сопротивления и поля вызванных скоростей позволяют выбрать место расположения профилографа по длине судна, обеспечивающее минимизацию сопротивления и вызванных скоростей, влияющих на точность работы прибора. Результаты исследования могут быть использованы в практических целях для определения места и способа крепления ADCP на исследовательских судах.

24.04-01.51 Численное исследование характеристик ударной волны, генерируемой кольцевым составным зарядом. Ли Ц.-В., Ли В.-В., Ван С.-М. Прикладная механика и техническая физика. 2024. 65, № 3, с. 13-28. Рус.

Исследуются характеристики ударной волны, генерируемой зарядом, состоящим из внутреннего слоя фугасного взрывчатого вещества, среднего слоя недетонирующего материала

и внешнего слоя алюминизированного взрывчатого вещества. Изучено влияние наличия оболочки и режимов инициирования заряда на максимальные избыточное давление и импульс заряда. С использованием программы AUTODYN разработан численный метод вычисления пространственного распределения избыточного давления ударной волны. Показано, что различие результатов численных расчетов, полученных с использованием предложенного метода, и экспериментальных данных не превышает 16,9%. С увеличением расстояния от заряда различие значений избыточного давления на различных азимутах уменьшается. По мере удаления от центра заряда профиль ударной волны приобретает сферическую форму. Установлено, что избыточное давление составного заряда с оболочкой в радиальном направлении больше, чем в осевом направлении, и быстро уменьшается с увеличением расстояния. Азимут, соответствующий максимальному избыточному давлению для заряда без оболочки, равен 75° , для заряда с оболочкой — 110° . Показано, что энергия составного заряда при инициировании внутреннего слоя меньше, чем при одновременном инициировании внутреннего и внешнего слоев.

См. также **24.04-01.23, 24.04-01.28, 24.04-01.32, 24.04-01.33**

Методы измерений и инструменты

24.04-01.52 Компенсация аберраций при фокусировке ультразвука через череп на основе данных КТ и МРТ. Чупова Д.Д., Росницкий П.Б., Солонцов О.В., Гаврилов Л.Р., Синицын В.Е., Мершина Е.А., Сапожников О.А., Хохлова В.А. Акустический журнал. 2024. 70, № 2, с. 193-205. Рус.

Проведено сравнение возможностей использования трехмерных акустических моделей головы человека, построенных на основе данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (КТ) для расчета фокусировки ультразвукового пучка при прохождении через кости черепа и компенсации аберраций, вызванных их присутствием. Рассматривался набор КТ и МРТ данных одного пациента. По данным МРТ были восстановлены однородные по внутренней структуре сегменты головы человека (кожа, череп и мозг). Наиболее реалистичная модель КТ учитывала внутренние неоднородности костей черепа и мягких тканей. Расчеты поля и компенсации аберраций проводились на основе интеграла Рэлея и псевдоспектрального метода решения волнового уравнения в неоднородной среде, реализованного с помощью программного пакета k-Wave. В качестве излучателя рассматривалась фазированная решетка с частотой 1 МГц и абсолютно плотным заполнением поверхности 256 элементами, радиусом кривизны и апертурой 200 мм. Показано, что при компенсации аберраций на основе неоднородной модели КТ и однородной модели МРТ, амплитуда давления в фокусе и эффективность фокусировки отличались не более чем на 10%. Таким образом, однородная модель МРТ может быть использована для предоперационной оценки возможности проведения транскраниальной ультразвуковой терапии. При проведении операции учет внутренней структуры костей черепа по данным КТ предпочтителен.

См. также **24.04-01.30**

Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

24.04-01.53 Исследование изгибающих и крутящих моментов бесконечно малого элемента кругового кольца. Докукова Н.А., Кафтайкина Е.Н. Теоретическая и прикладная механика. 2022, № 37, с. 225-232. Рус.

В авиастроении упругое круговое кольцо имеет большое практическое значение, поскольку оно является частью силовой конструкции оболочек — шпангоутом. Постановка задачи о его изгибе и кручении связана с выводом уравнений равновесия бесконечно малого элемента и зависимостей, объединяющих перемещения и деформации. Полученные расчетные законы смещений и углов закручиваний на основании используемых общих

уравнений могут найти применение в проектировании как изолированных шпангоутов, так и шпангоутов, подкрепляющих тонкую обшивку.

24.04-01.54 О постановке задачи изгибно-крутильных колебаний упругих колец. *Кафтайкина Е.Н.; Докузова Н.А. Теоретическая и прикладная механика.* 2022, № 37, с. 195-202. Рус.

Упругие кольцевые и цилиндрические винтовые устройства используются во многих отраслях промышленности. В машино- и авиастроении, как элементы способные удерживать предельные нагрузки оболочечных конструкций. В строительстве энергетических объектов, как элементы, подкрепляющие крупные цилиндрические резервуары термоядерных установок. В связи с этим возникает необходимость создания точных методов расчета и вывода аналитических формул для последующих исследований на прочность и жесткость отдельных узлов и инженерных сооружений в целом.

24.04-01.55 Вынужденные колебания трехслойной круговой пластины в стационарном температурном поле. *Старовойтов Э.И., Журавков М.А., Яровая А.В. Теоретическая и прикладная механика.* 2023, № 38, с. 21-29. Рус.

Эксплуатация трехслойных элементов конструкций, занявших доминирующее положение в технике и строительстве, часто протекает в условиях воздействия внешних температурных полей. Это объясняет возросший спрос на разработку математических моделей трехслойных пластин и методов их расчета на различные виды и типы термосиловых нагрузок.

24.04-01.56 Колебания круговой трехслойной ступенчатой пластины, возбуждаемые многократно повторной нагрузкой. *Маркова М.В., Леоненко Д.В. Теоретическая и прикладная механика.* 2023, № 38, с. 39-49. Рус.

Композитные трехслойные элементы конструкций давно заняли свою нишу в инженерном деле. Их явное преимущество над элементами, выполненными из одного материала, заключается в возможности контролировать и задавать требуемые проектными и техническими условиями физико-механические параметры элемента: прочность, жесткость, тепло- и электропроводность, звуко- и магнитную проницаемость и т.д. Это возможно, как раз благодаря сочетанию в рамках единого пакета свойств разнородных совместно работающих материалов. Кроме того, благодаря включению связующих срединных прослоек из легких материалов можно достичь существенного снижения общего веса конструкции без значимого ухудшения показателей прочности и жесткости. В то же время, проектирование слоистых конструкций с точным изменением толщины в наиболее напряженных местах повышает их рациональность с точки зрения материалоемкости. Объем публикаций и научных исследований, направленных на моделирование и изучение работы слоистых конструкций, воспринимающих внешние нагрузки, включает несколько тысяч работ. Это обусловлено существованием различных методов приведения трехмерной задачи теории упругости к двумерной и подходов к моделированию и решению поставленных задач. Однако и на сегодняшний день трехслойные конструкции и, в частности, элементы с функциональным изменением толщины не утратили своей актуальности. Приведем обзор научных разработок схожей проблематики последних лет. Собственные частоты и формы колебаний круговых пластин с функционально изменяющейся толщиной заполнителя широко рассмотрены в работах Р. Лала и Р. Рани. Схожая задача о свободных колебаниях трехслойной пластины с переменной толщиной срединного слоя обзревается в работе Ч. Чанга и Х. Чена. Ч. Лу поднимает вопрос об изменении аэродинамических свойств трехслойной балки при изменении ее толщины вдоль пролета. В работе С. Суслера и Х. Туркмени представлены теоретические и численные исследования нелинейного динамического деформирования пластин с конической формой сердцевины и коническим изменением толщины внешних слоев. Ранее был представлен способ изменения несущей способности прямоугольных сэндвич-панелей путем ступенчатого изменения толщины их внешних слоев, рассмотрены вопросы изгиба и устойчивости таких пластин, а также исследована зависимость между собственными частотами и формой

ступенчатого профиля. В работе рассмотрены вопросы динамического деформирования круговой трехслойной пластины со ступенчатым изменением толщины внешних слоев.

24.04-01.57 Постановка задачи о свободных колебаниях плоской системы параллельно ориентированных нанобалок с учетом ван-дер-ваальсовых сил взаимодействия. *Мухомов Г.И., Ради Е. Теоретическая и прикладная механика.* 2023, № 38, с. 82-89. Рус.

Семейства параллельно ориентированных нанотрубок, взаимодействующих между собой посредством полей межмолекулярных сил, представляют собой уникальные объекты, которые находят свое применение в различных микро- и наноразмерных электромеханических системах (МЭМС и НЭМС) В частности, пара консольных параллельно расположенных нанотрубок, взаимодействующих между собой как два бистабильных электрода, является основным элементом наноразмерных пинцетов, используемых в современной микрохирургии для манипуляций на клеточном уровне. Массив вертикально ориентированных нанотрубок, запаянных с обеих сторон между пластинками или мембранами, является сверхчувствительным элементом в таких НЭМС как наноразмерные датчики давления и напряжений, настраиваемые осцилляторы и резонаторы, биометрические сенсоры. Такие факторы, как оптимальное расстояние между трубками, их длина, а также возникающие межмолекулярные ван-дер-ваальсовы и казимировые силы, являются определяющими при моделировании механического поведения подобных НЭМС. Сверхмалые размеры всех элементов системы ставят задачу учета не только межмолекулярных сил взаимодействия между трубками, но и внутренних нелокальных эффектов деформирования самих трубок. Целью данной статьи является постановка задачи о колебаниях системы параллельно ориентированных нанотрубок, моделируемых нанобалками, в рамках нелокальной теории упругости Эрингена. Предполагается, что расстояние между нанобалками достаточно мало, что приводит к появлению межмолекулярных ван-дерваальсовых сил взаимодействия.

24.04-01.58 Частоты собственных колебаний пяти-слойной круговой пластины. *Лачугина Е.А. Теоретическая и прикладная механика.* 2023, № 38, с. 227-233. Рус.

За последние годы слоистые элементы конструкций получили широкое применение в народном хозяйстве, включая строительство и машиностроение. Это обуславливает требование по созданию расчетных механико-математических моделей, учитывающих как квазистатический, так и динамический характер нагрузок. В связи с этим исследование собственных частот колебаний круговой пятислойной пластины является актуальным.

24.04-01.59 Изгиб круговой пятислойной пластины. *Салицкий В.С. Теоретическая и прикладная механика.* 2023, № 38, с. 234-239. Рус.

Рассмотрен изгиб круговой симметричной по толщине пяти-слойной пластины под действием равномерно распределенной нагрузки. Принимается, что для тонких несущих слоев выполняются кинематические гипотезы Кирхгофа. Сравнительно толстый заполнитель деформируется в соответствии с гипотезой Тимошенко о прямолинейности и несжимаемости деформированной нормали. Уравнения равновесия получены с помощью вариационного метода Лагранжа. Учтена работа тангенциальных напряжений в заполнителе. Получено аналитическое решение краевой задачи и проведена его численная апробация.

24.04-01.60 Пространственная дисперсия акустических волн в функционально-градиентных стержнях. *Каракозова А.И. Известия Российской академии наук. Механика твердого тела.* 2024, № 1, с. 23-37. Рус.

Гармонические акустические волны в полубесконечном функционально-градиентном (ФГ) одномерном стержне с произвольной произвольной неоднородностью анализируются комбинированным методом, основанным на модифицированном формализме Коши и методе экспоненциальных матриц. Построены замкнутые дисперсионные уравнения для гармонических волн, из решения которых получены невязные дисперсионные соотношения для акустических волн в ФГ стержнях. Для продольной неоднородности полиномиального типа соответствующие дис-

персональные соотношения строятся в явном виде.

24.04-01.61 Аналитический расчет жесткости опор балки для обеспечения первой собственной частоты колебаний и критической силы. Рабецкая О.И., Кудрявцев И.В., Митяев А.Е. *Сибирский аэрокосмический журнал*. 2022. 23, № 4, с. 708-720. Рус.

Рассматривается проблема обеспечения требуемой первой собственной частоты изгибных колебаний балки при действии продольной силы за счет введения необходимой жесткости опор. Рассматривая и объединяя уравнения свободных колебаний балки и уравнения, описывающие потерю ее устойчивости, было получено условие работоспособности на основе обеспечения минимально заданного значения первой собственной частоты колебаний с учетом действия продольной силы. При этом достижение нулевой частоты собственных колебаний соответствует потере устойчивости, что позволяет решать обе задачи. Данная задача математически сложна и в известной научной литературе ее решение обычно приводится только в графическом или табличном виде. Проблема заключается в нелинейной зависимости коэффициентов опор от жесткости при колебаниях и потере устойчивости. Для решения этой проблемы использовалась аппроксимация нелинейных зависимостей коэффициентов опор методом наименьших квадратов и получения квадратичных аппроксимирующих функций. В результате задача определения требуемой жесткости опор свелась к разрешающему алгебраическому уравнению четвертой степени, для которого существует аналитическое решение. Полученное решение позволяет определить жесткость опор балки, которая обеспечивает требуемое значение первой собственной частоты колебаний балки и ее первой критической нагрузки в виде внешней сжимающей силы или температурных воздействий. Замена нелинейных зависимостей коэффициентов опор от жесткости опор более простыми квадратичными функциями привела к относительно простым аналитическим зависимостям, которые позволяют преобразовывать разрешающее уравнение в соответствии с конкретной решаемой задачей. Вместе с тем, квадратичные функции повлияли на погрешность расчета, для снижения которой было произведено ограничение рассматриваемого диапазона жесткостей опор и разбиение его на три зоны. Проведено сравнение результатов расчетов по предложенному аналитическому решению с численными расчетами методом конечных элементов. Сравнение результатов расчета показало погрешность не более 5% для рассматриваемого диапазона жесткостей опор, что вполне достаточно для инженерных расчетов балочных конструкций. Для ограничения погрешности результата рекомендуется, чтобы жесткости обоих опор были равны или же одного порядка.

24.04-01.62 Аналитический расчет жесткости опор балки для обеспечения первой собственной частоты колебаний и критической силы. Рабецкая О.И., Кудрявцев И.В., Митяев А.Е. *Сибирский журнал науки и технологий*. 2023. 24, № 3, с. 708-720. Рус.

Рассматривается проблема обеспечения требуемой первой собственной частоты изгибных колебаний балки при действии продольной силы за счет введения необходимой жесткости опор. Рассматривая и объединяя уравнения свободных колебаний балки и уравнения, описывающие потерю ее устойчивости, было получено условие работоспособности на основе обеспечения минимально заданного значения первой собственной частоты колебаний с учетом действия продольной силы. При этом достижение нулевой частоты собственных колебаний соответствует потере устойчивости, что позволяет решать обе задачи. Данная задача математически сложна и в известной научной литературе ее решение обычно приводится только в графическом или табличном виде. Проблема заключается в нелинейной зависимости коэффициентов опор от жесткости при колебаниях и потере устойчивости. Для решения этой проблемы использовалась аппроксимация нелинейных зависимостей коэффициентов опор методом наименьших квадратов и получения квадратичных аппроксимирующих функций. В результате задача определения требуемой жесткости опор свелась к разрешающему алгебраическому уравнению четвертой степени, для которого существует аналитическое решение. Полученное решение позволяет определить жесткость опор балки, которая обеспе-

чивает требуемое значение первой собственной частоты колебаний балки и ее первой критической нагрузки в виде внешней сжимающей силы или температурных воздействий. Замена нелинейных зависимостей коэффициентов опор от жесткости опор более простыми квадратичными функциями привела к относительно простым аналитическим зависимостям, которые позволяют преобразовывать разрешающее уравнение в соответствии с конкретной решаемой задачей. Вместе с тем, квадратичные функции повлияли на погрешность расчета, для снижения которой было произведено ограничение рассматриваемого диапазона жесткостей опор и разбиение его на три зоны. Проведено сравнение результатов расчетов по предложенному аналитическому решению с численными расчетами методом конечных элементов. Сравнение результатов расчета показало погрешность не более 5% для рассматриваемого диапазона жесткостей опор, что вполне достаточно для инженерных расчетов балочных конструкций. Для ограничения погрешности результата рекомендуется, чтобы жесткости обоих опор были равны или же одного порядка.

24.04-01.63 Об оптимальном управлении термоупругими колебаниями пластинки-полосы. On optimal control of thermoelastic vibrations of a plate-strip. Jilavyan S.H., Grigoryan E.R. *Ученые записки ЕГУ, физико-математических наук*. 2024. 58, № 1, с. 13-21. Англ.

Рассматривается задача оптимального управления для управляемой системы с распределенными параметрами. Процесс нестационарной, динамической термоупругости в тонких, изотропных пластинках описывается системой дифференциальных уравнений поперечных колебаний в температурном поле и теплопроводности для пластинки. Учитывается термоупругое рассеяние механической энергии, что приводит к связанной задаче термоупругости между плоскостями пластинки и окружающей средой, где осуществляется теплообмен. Ставится задача перевода рассматриваемого процесса термоупругости за некоторое время в квазистатический режим. При этом функционал, характеризующий энергию внешнего теплового воздействия, достигает наименьшего значения, а температура окружающей среды является управляемой функцией.

24.04-01.64 Идентификация продольного надреза стержня по собственным частотам колебаний. Утяшев И.М., Фатхелисламов А.Ф. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2023. 11, № 2, с. 92-99. Рус.

Цели. Цели работы: рассмотреть прямую и обратную задачу о колебании прямоугольного стержня с продольным надрезом; исследовать закономерности поведения собственных частот и собственных форм продольных колебаний при изменении места и размера надреза; разработать метод, позволяющий однозначно идентифицировать параметры продольного надреза с помощью собственных частот продольных колебаний стержня. Методы. Стержень с продольным надрезом моделируется как два стержня, где первый не имеет надреза, а второй — имеет. Для соединения используются условия сопряжения, в которых приравниваются продольные колебания и деформации. Решение обратной задачи основано на построении частотного уравнения в предположении, что искомые параметры входят в уравнение. При подстановке собственных частот в это уравнение получим нелинейную систему относительно неизвестных параметров. Решение последнего есть искомые параметры надреза. Результаты. Приведены таблицы собственных частот и графики собственных форм для разных параметров надреза. Получены и проанализированы результаты для различных краевых условий. Представлен метод идентификации параметров надреза по конечному числу собственных частот. Показано, что обратная задача имеет два решения, симметричных относительно центра стержня. Для однозначного решения требуются собственные частоты той же задачи с другими граничными условиями на правом конце. Добавление дополнительных условий на концах стержня позволило решить обратную задачу с новыми краевыми условиями, дающими возможность построить точное решение и разработать алгоритм проверки однозначности решения. Выводы. Разработанный метод позволяет решить

задачу идентификации геометрических параметров различных деталей и конструкций, моделируемых стержнями.

24.04-01.65 Защита малогабаритной бортовой аппаратуры от механических воздействий. Обзор средств защиты. Часть 1. Применение амортизаторов. *Цетлин И.В., Иванов А.В., Куфтин А.А., Крыжко С.М., Письмаров М.Н., Смирнова С.И., Демарева А.И., Шеховцев С.С., Нураев Р.Х. Авиакосмическое приборостроение.* 2024, № 4, с. 3-14. Рус.

Обзор средств защиты малогабаритной бортовой аппаратуры от механических воздействий. Изложены основные принципы конструирования средств защиты малогабаритной бортовой аппаратуры, предназначенной для эксплуатации в условиях жестких вибрационных и ударных воздействий высокой интенсивности. Ключевые слова: амортизатор, демпфер, активная виброзащита, синтактные пены, вибрация, удар, прочность.

24.04-01.66 Защита малогабаритной бортовой аппаратуры от механических воздействий. Обзор средств защиты. Часть 2. Применение демпфирующих материалов. *Цетлин И.В., Иванов А.В., Куфтин А.А., Крыжко С.М., Письмаров М.Н., Смирнова С.И., Демарева А.И., Шеховцев С.С., Нураев Р.Х. Авиакосмическое приборостроение.* 2024, № 5, с. 3-16. Рус.

Обзор средств защиты малогабаритной бортовой аппаратуры от механических воздействий. Изложены основные принципы конструирования средств защиты малогабаритной бортовой аппаратуры, предназначенной для эксплуатации в условиях жестких вибрационных и ударных воздействий высокой интенсивности. Ключевые слова: амортизатор, демпфер, активная виброзащита, синтактные пены, вибрация, удар, прочность.

24.04-01.67 Защита малогабаритной бортовой аппаратуры от механических воздействий. Обзор средств защиты. Часть 3. Применение сплавов высокого демпфирования. *Цетлин И.В., Иванов А.В., Куфтин А.А., Крыжко С.М., Письмаров М.Н., Смирнова С.И., Демарева А.И., Шеховцев С.С., Нураев Р.Х. Авиакосмическое приборостроение.* 2024, № 6, с. 3-10. Рус.

Обзор средств защиты малогабаритной бортовой аппаратуры от механических воздействий. Изложены основные принципы конструирования средств защиты малогабаритной бортовой аппаратуры, предназначенной для эксплуатации в условиях жестких вибрационных и ударных воздействий высокой интенсивности. Ключевые слова: амортизатор, демпфер, активная виброзащита, синтактные пены, вибрация, удар, прочность.

24.04-01.68 Защита малогабаритной бортовой аппаратуры от механических воздействий. Обзор средств защиты. Часть 4. Применение систем активной виброзащиты. *Цетлин И.В., Иванов А.В., Куфтин А.А., Крыжко С.М., Письмаров М.Н., Смирнова С.И., Демарева А.И., Шеховцев С.С., Нураев Р.Х. Авиакосмическое приборостроение.* 2024, № 7, с. 3-10. Рус.

Обзор средств защиты малогабаритной бортовой аппаратуры от механических воздействий. Изложены основные принципы конструирования средств защиты малогабаритной бортовой аппаратуры, предназначенной для эксплуатации в условиях жестких вибрационных и ударных воздействий высокой интенсивности. Ключевые слова: амортизатор, демпфер, активная виброзащита, синтактные пены, вибрация, удар, прочность.

24.04-01.69 О единственности автомодельного решения задачи Римана для продольно-крутильных волн в нелинейно-упругих стержнях. *Чугайнова А.П. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2024. 327, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4404>. Рус.

Изучаются автомодельные решения задачи Римана для гиперболической системы двух уравнений, описывающей продольно-крутильные волны в нелинейно-упругих средах с отрицательным параметром нелинейности. Решения строятся из последовательности волн, состоящих из неопрокидывающихся волн разряжения и классических (по Лаксу) разрывов (ударных волн). Ключевые слова: ударные волны, единственность, задача Римана, продольно-крутильные волны.

24.04-01.70 Функции Грина для статически неопре-

делимых однопролетных балок. *Босаков С.В., Козунова О.В. Наука и техника.* 2024. 23, № 4, с. 289-294. Рус.

В зависимости от класса в инженерной практике различают решаемые задачи: статические/динамические, плоские/пространственные, контактные/с частичным или краевым опиранием и др. Давление рельса на шпалу, колонны на фундаменте, плит перекрытия на стены, фундамента на грунтовое основание — все это типичные примеры практических задач, приводящие к необходимости решения краевых задач — математически и контактных — физически. Из математических постановок контактных задач конструкций, лежащих на упругом основании, известно, что основу их решения составляет поиск закона распределения реактивных давлений на контакте конструкции с основанием, который сложным образом зависит от жесткости конструкции, упругих характеристик основания, внешней нагрузки, характера закрепления конструкции. При решении многих краевых и начально-краевых задачах строительной механики и теории упругости, таких как решение классического однородного уравнения методом собственных функций, при некоторых граничных условиях, вытекающих из рода закрепления балки на концах, важную, порой определяющую, роль играют фундаментальные функции оператора χ^{IV} , которые получили свою базовую трактовку академиком А.Н. Крыловым. Однако вычисления по этим формулам весьма затруднительны из-за математических ограничений и громоздкости выражений. В связи с этим в предлагаемой работе использованы собственные функции дифференциального уравнения изгибных колебаний статически неопределимых однопролетных балок для построения функции Грина в виде бесконечного ряда по этим собственным функциям. Построены точные выражения для определения прогибов балок от сосредоточенной силы. Полученные выражения представлены через элементарные функции, носят общий характер и дают возможность решать разнообразные задачи статики, динамики и устойчивости рассматриваемых балок. Авторами получены численные результаты для изгибающих моментов и прогибов защемленной балки и балки с защемленной и шарнирной опорами с использованием компьютерного пакета MATHEMATICA.

24.04-01.71 Вариационная задача о колебаниях неравнотолщинных колец и ее применение для расчета концентраторов ультразвуковых колебаний. *Степаненко Д.А., Киндрюк А.Н. Наука и техника.* 2024. 23, № 4, с. 295-303. Рус.

Рассмотрена методика расчета собственных частот колебаний неравнотолщинных колец, основанная на использовании вариационного принципа Гамильтона и теорий колебаний криволинейных балок типа Эйлера—Бернулли и Тимошенко. Решения задачи представляются в виде рядов Фурье, что позволяет свести ее к решению системы линейных алгебраических уравнений. Задача определения собственных частот сводится при этом к обобщенной задаче на собственные значения матриц. На основе сравнения численных результатов, полученных для эксцентричного кольца, с результатами расчетов методом конечных элементов показаны преимущества использования теории Тимошенко, включающие в себя повышение точности вычислений и возможность идентификации радиальных и радиально-изгибных собственных форм. Исследована возможность снижения вычислительных затрат при использовании теории Тимошенко за счет представления определителя описывающей задачу блочной матрицы в виде произведения определителей более низких порядков. Показано, что соотношения, полученные на основе теории Эйлера—Бернулли, в частном случае равнотолщинного кольца приводят к известным аналитическим формулам для собственных частот колебаний кольца. Полученные результаты могут быть использованы для расчета кольцевых концентраторов ультразвуковых колебаний. Преимущество предлагаемого метода по сравнению с другими известными подходами, например, методом гармонического баланса, состоит в отсутствии необходимости работы с дифференциальными или интегро-дифференциальными уравнениями колебаний, которые в случае неравнотолщинных колец имеют достаточно сложную структуру и требуют для своего решения применения вычислительно-затратных операций, например, дискретной свертки.

24.04-01.72 Моделирование вибрационного фона космического аппарата. Герасимчук В.В., Жириков А.В., Кузнецов Д.А., Телупнев П.П. *Труды МАИ.* 2023, № 4(131), с. DOI: 10.34759/trd-2023-131-02. Рус.

Двигатели-маховики и двигатели коррекции, являясь устройствами обмена импульсами, выступают фундаментальным компонентом большинства космических аппаратов как для грубого управления ориентацией, так и для точного наведения. Неуровновешенность вращающихся масс при работе двигателей-маховиков и силовые вибрационные воздействия, вызванные пульсациями давления в камере сгорания двигателей коррекции, способны вызывать чрезмерные колебания исследовательского оборудования, что может привести к снижению точности функционирования. Уровни вибронегруженности определяются в ходе экспериментальной отработки космического аппарата, однако на ранних стадиях проектирования целесообразно предварительным моделированием вибрационного фона мест установки высокоточного оборудования выбрать оптимальные места для их установки с целью минимизации уровней их вибронегруженности. Вибрационный фон определялся для разработанной конечно-элементной модели «гибкой» конструкции космического аппарата в среде пакета программ Femap with NX Nastran. Расчёты проводились для вариантов вибронегруженности одним из четырёх двигателей-маховиков и от двух двигателей коррекции. Модель воздействия от двигателя-маховика учитывала силы, возникающие в результате дисбаланса маховика. Моделировалось гармоническое воздействие с амплитудой, пропорциональной квадрату скорости вращения маховика. Уровни вибронегруженности от возмущающих сил двигателей коррекции исследовались для синфазного и противофазного случаев воздействия. Исследование выполнялось методом гармонического анализа. Значения величин воздействий соответствовали уровням возмущений штатных двигателей-маховиков и двигателей коррекции. Оценка уровней вибронегруженности в местах предполагаемого крепления приборов осуществлялась по максимальным значениям рассчитанных линейных и угловых виброускорений, угловых скоростей и угловых перемещений по трём осям. Представленный в статье вариант моделирования вибрационного фона мест установки аппаратуры, чувствительной к стабильности положения для эффективной работы, позволяет провести предварительную оценку уровня вибронегруженности такой аппаратуры на ранних этапах проектирования космических аппаратов.

24.04-01.73 Нестационарная динамика тонкого изотропного сферического пояса. Зуськова В.Н., Окочников А.С., Сердюк Д.О. *Труды МАИ.* 2023, № 4(131), с. DOI: 10.34759/trd-2023-131-05. Рус.

В осесимметричной постановке исследована нестационарная динамика тонкого сферического пояса с произвольными граничными условиями при воздействии подвижной нестационарной нагрузки. Материал пояса упругий и изотропный. В качестве математической модели сферического пояса приняты гипотезы Кирхгофа—Лява. Подход к исследованию основан на принципе суперпозиции, методе функции Грина и методе компенсирующих нагрузок. Суть заключается в связи искомого решения с действующей и компенсирующими нагрузками при помощи интегральных операторов типа свертки по координате и времени. Ядром этих операторов является функция Грина для сферической оболочки, которая представляет собой нормальное перемещение в ответ на воздействие единичной сосредоточенной по координате и времени нагрузки, математически описываемой дельта-функцией Дирака. Компенсирующее решение есть результат влияния некоторых специально вычисленных нагрузок, при котором сумма решений от действующей нагрузки и компенсирующих нагрузок удовлетворяет граничным условиям на торцах сферического пояса.

24.04-01.74 Многомерные плоские монореактивные колебания. Попов И.П. *Труды МАИ.* 2023, № 132, с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=176835>. Рус.

В рассматриваемом (идеализированном) случае многоугольник, в вершинах которого расположены осциллирующие грузы, лежит в плоскости. В технических приложениях грузы не должны препятствовать перемещениям друг друга, следовательно, каждому грузу должна соответствовать своя плос-

кость, а все плоскости должны быть параллельными (наподобие многопоршневого механизма). Условием возникновения свободных гармонических колебаний является равенство нулю полной энергии системы, которая в рассматриваемом случае является исключительно кинетической, что и обуславливает монореактивный характер осциллятора. В рассмотренном многомерном плоском монореактивном осцилляторе могут происходить свободные гармонические линейные колебания грузов. При этом в энергообмене участвует только кинетическая энергия. В упругих элементах нет необходимости. Осциллятор не имеет фиксированной собственной частоты колебаний. Частота зависит от начальных скоростей и положений грузов.

24.04-01.75 Идентификация усилий в опорах многопролетных балок. Гришакин В.Т. *Труды МАИ.* 2023, № 132, с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=176835>. Рус.

Рассматриваются поперечные колебания консервативных механических систем в виде шарнирно опертых балок уточненной теории с деформируемыми промежуточными опорами. Деформационные процессы в балках возникают в результате приложения сосредоточенных безынерционных сил, движущихся с постоянной скоростью. Показаны возможности, открывающиеся в результате решения одной из обратных задач механики деформируемого твердого тела — задачи идентификации усилий в промежуточных упругих опорах по таким проявлениям, как вертикальные перемещения точки приложения подвижной силы (прогибам под силой). Представлены результаты идентификации усилий в опорах при изменении жесткости одной из них (второй), что может быть использовано, например, в строительной практике с целью выявления дефектов в опорах конструкций, воспринимающих подвижные нагрузки, без прекращения движения по ним. Всю интересующую информацию о состоянии конструкций в этом случае можно получить с применением транспортного средства, оборудованного необходимыми датчиками. Непосредственное применение результатов исследования в авиационно-ракетно-космической технике возможно, например, при проектировании и диагностировании направляющих элементов конструкций ракетных установок. Приведены результаты численных экспериментов.

24.04-01.76 Математическое моделирование динамических состояний вибрационных машин. Большаков Р.С., Гозбенко В.Е., Выонг К.Ч. *Труды МАИ.* 2023, № 133, с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=177652>. Рус.

Рассмотрены оценки динамического состояния технического объекта в виде вибрационной технологической машины, используемой при реализации технологических процессов, связанных, в частности, с вибрационным упрочнением длинномерных деталей. Рассматриваемый технический объект содержит массонерционные и упругие элементы. Предложено использование подходов структурного математического моделирования, основанных на применении динамических аналогов исходных расчетных схем вибрационных технологических машин в виде механических колебательных систем с несколькими степенями свободы, представляющих собой структурные схемы систем автоматического управления. Оцениваются возможности изменения динамического состояния вибрационной технологической машины за счёт корректировки параметров составляющих элементов для получения устойчивых динамических режимов работы рассматриваемого технологического оборудования.

24.04-01.77 Экспериментальная проверка характеристик колебаний композитной цилиндрической тонкостенной оболочки с ребром жесткости. Добрышкин А.Ю., Сысоев О.Е., Сысоев Е.О. *Труды МАИ.* 2024, № 1(134), с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=178455>. Рус.

Выполнена экспериментальная проверка характеристик колебательного процесса, полученных на основе математической модели колебаний тонкостенной цилиндрической оболочки усовершенствованным методом рядом Фурье. Проведен анализ полученных данных. Описано простое и в тоже время точное решение, основанное на решении методом рядов Фурье (МРФ) применяемое при анализе колебаний цилиндрических оболочек. В качестве закрепления принято шарнирное опирание. В каждом элементе конструкции функций смещения выражена в виде суперпозиции из двойного ряда Фурье и нескольких

дополнительных функций. Неизвестные параметры деформаций находятся как обобщенные координаты и определены с помощью метода Рэлея—Ритца. Использование метода Фурье для комплексной задачи объединенной пластины и оболочки, соединенных симметричной и ассиметричной границей может быть получено без преобразований уравнений движения или выражения перемещений. Жесткость закрепления может оказывать существенное влияние на модальные характеристики сопряженной конструкции. В процессе работы высоты резонансов находятся на пике в местах опирания. Изменение жесткости изменяет только вибрационные характеристики пластины и не влияет на оболочку. Полученное решение проверено сравнением теоретических результатов и экспериментальных данных. При проведении экспериментальных исследований использован бесконтактный измеритель частотных характеристик системы HSV-2000 состоит из контроллера HSV2001/2002, лазерного блока HSV-800 и прочной компактной сенсорной головки HSV-700. Лазерный блок содержит интерферометр и мало-мощный лазер, а также осциллограф Rohde&Schwarz RTB2002. Компоненты перемещения цилиндрической оболочки и круглой пластины обычно разлагаются независимо от граничных условий как суперпозиция двумерного ряда Фурье и нескольких дополнительных функций. Неизвестные коэффициенты разложения трактуются как обобщенные координаты и определяются с помощью известной процедуры Рэлея—Ритца. Граничные условия и условия связи учитываются путем применения используется реакционные составляющие шарнирного закрепления. Приемлемая точность текущих решений демонстрируется сравнением с результатами, полученными в ходе экспериментальных исследований. С помощью системы Polytec получены удовлетворительные результаты, показывающие применимость полученного метода.

24.04-01.78 Энергетические характеристики в оценке упругих и рычажных связей в диаде механической колебательной системы. *Елисеев А.В., Кузнецов Н.К., Миронов А.С. Труды МАИ. 2024, № 2(135), с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=179674>. Рус.*

В рамках проблемы изменения динамических свойств технических объектов, находящихся в условиях вибрационных нагрузений, рассматриваются задачи оценки, формирования и коррекции динамических состояний структурных образований механических колебательных систем. В качестве структурного образования рассматривается диада — изолированная система из двух массоинерционных элементов, соединенных пружинной с учетом дополнительных связей, включающих устройства для преобразования движений или демпфер. Цель разрабатываемого методологического подхода заключается в формировании динамических состояний диад и оценке их динамических свойств в условиях вибрационных нагрузений на основе обобщенных энергетических соотношений, учитывающих рычажные и упругие связи. Используются методы теоретической механики, теории дифференциальных уравнений, интегральных преобразований, системного анализа и структурного математического моделирования, основанного на сопоставлении механическим колебательным системам, используемым в качестве расчетных схем технических объектов, структурных схем, эквивалентных в динамическом отношении системам автоматического управления. Разработана научно-методологическая основа оценки, формирования и коррекции динамических состояний диады, рассматриваемой в качестве эталонного элемента, использующая энергетические характеристики, учитывающие рычажные отношения и упругие связи между парциальными системами и внешними возмущениями.

24.04-01.79 Модель звена переменной длины с управляемой жесткостью и подвижным полюсом для экзоскостюма аэрокосмического назначения. *Блинов А.О., Борисов А.В., Музгарямов Р.Г., Гончарова И.А., Борисова В.Л. Труды МАИ. 2024, № 3(136), с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=180663>. Рус.*

Рассмотрена достаточно приближенная к реальности модель звена переменной длины, содержащая магнитно-реологическую жидкость для активного управления ее жесткостью под действием изменяющегося внешнего магнитного поля. Новизна модели заключается в наличии подвижного полюса в нижней точ-

ке звена с заданным законом движения. Таким образом, модель звена имеет семь степеней свободы: три поступательных движения полюса, три вращения вокруг полюса и переменная длина звена при движении верхней части относительно полюса. Динамика звена описывается уравнениями Лагранжа, составляющими систему семи обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка. В качестве модели управления выбран программный метод задания движения и на его основе определены моменты и силы, которые необходимо приложить для реализации заданных движений звена. Созданная модель звена при соединении в многозвенную конструкцию может найти применение при разработке экзоскостюмов в виде скафандров, защитных экзоскелетов, усиливающих и поддерживающих физические возможности пилотов и космонавтов в авиакосмической отрасли.

24.04-01.80 Затухающие колебания цилиндра с соосным диском и со стабилизатором. *Кауфман Д.В., Рябинин А.Н. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2024. 11, № 1, с. 161-170. Рус.*

Изучаются затухающие вращательные колебания цилиндра, который в головной части снабжен соосным диском, а в хвостовой части имеет стабилизатор. Удлинение цилиндра (отношение длины к диаметру) равно девяти. Цилиндр крепится в рабочей части аэродинамической трубы малых скоростей на проволочной подвеске, содержащей стальные пружины. В положении равновесия ось цилиндра горизонтальна и параллельна вектору скорости набегающего потока. К одной из пружин подвески присоединен полупроводниковый тензопреобразователь, измеряющий во время колебаний зависимость натяжения пружин от времени. Напряжение на выходе тензопреобразователя поступает на РС-осциллограф. Цифровой сигнал осциллографа передается на компьютер. После калибровки прибора определялась частота и амплитуда затухающих вращательных колебаний вокруг горизонтальной оси, проходящей через центр цилиндра и перпендикулярной вектору скорости набегающего потока. Под действием воздушного потока увеличивается скорость затухания вращательных колебаний цилиндра. Влияние воздушного потока описывается аналогами вращательных производных, которые в случае плохо обтекаемых тел зависят от амплитуды колебаний угла наклона тела и от амплитуды угловой скорости. Предложена простая модель влияния стабилизатора на вращательные производные.

24.04-01.81 Об эволюции кососимметричных изгибных колебаний круглой пластинки при ее вращении вокруг оси, расположенной в плоскости пластинки. *Морозов Н.Ф., Лужин А.В., Попов И.А. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2024. 11, № 2, с. 354-370. Рус.*

Выполняется построение и исследование модели связанных плоско-поперечных колебаний круглой тонкой пластинки с концентричным отверстием при действии кориолисовых и центробежных сил инерции, вызванных вращением системы вокруг оси, расположенной в плоскости пластинки. Уравнения колебаний в частных производных получены с применением вариационного принципа Гамильтона—Остроградского. В предположении малости угловой скорости вращения по отношению к частоте рабочей кососимметричной изгибной формы колебаний пластинки найдено приближенное аналитическое решение как для радиальной и окружной, так и для поперечной компонент поля перемещений в режиме свободных колебаний. С помощью проекционного метода Галеркина задача была сведена к системе двух линейных дифференциальных уравнений второго порядка для модальных координат взаимно ортогональных базисных кососимметричных форм колебаний пластинки. Обнаружено, что режим начально возбужденных гармонических колебаний при наличии вращения преобразуется в режим амплитудно-модулированных биений. Найдены аналитические выражения как для частоты медленной огибающей биений, так и для относительной глубины их амплитудной модуляции. Показана принципиальная возможность определения модуля проекции вектора угловой скорости на плоскость пластинки по измеряемой величине частоты огибающей. Исследована задача о выборе оптимальной геометрической формы резонатора с точ-

ки зрения максимизации чувствительности системы к изменениям величины угловой скорости вращения. Рассмотрен вопрос об определении направления проекции вектора угловой скорости на плоскость пластинки по измеряемой глубине амплитудной модуляции режима биений.

24.04-01.82 Колебания при нелинейном параметрическом воздействии и комбинации запаздываний. *Алифов А.А.* *Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н.* 2024. 17, № 1, с. 47-55. Рус.

Рассмотрены колебания при нелинейном параметрическом воздействии и комбинации запаздываний в упругости и демпфировании. Моделью является стержень с пружиной, приводимый в движение источником энергии ограниченной мощности. Для решения нелинейных дифференциальных уравнений движения системы использован метод прямой линеаризации нелинейности. Получены уравнения для определения нестационарных и стационарных значений амплитуды и фазы колебаний, скорости источника энергии. На основе критериев Рауса—Гурвица выведены условия устойчивости стационарных режимов движения. Проведены расчеты амплитудно-частотных характеристик при различных значениях параметров, линейной и нелинейной силах упругости. Соответствующие графики наглядно представляют совместное влияние различных значений запаздываний на амплитудно-частотные кривые. Показано, что запаздывания изменяют амплитудные кривые, существенно влияя на устойчивость колебаний.

24.04-01.83 Алгоритм нахождения коэффициентов демпфирования по данным вибрационных обследований методом FDD (декомпозиции в частотной области). *Андрианова Е.А.* *Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н.* 2024. 17, № 2, с. 21-32. Рус.

Представлен алгоритм и теоретическое обоснование методики нахождения коэффициентов демпфирования по данным вибрационных обследований при использовании метода декомпозиции в частотной области (FDD). Этот метод применяется при динамическом тестировании сооружений (здания, мосты, плиты) для экспериментального определения их динамических характеристик в условиях нормальной эксплуатации без применения вибровозбудительного оборудования.

24.04-01.84 Моделирование колебаний давления на пластине за поперечной выемкой в сверхзвуковом потоке. *Савельев А.Д., Савельев И.А.* *Мат. моделир.* 2024. 36, № 4, с. 103-115. Рус.

Численно моделируется обтекание поперечной выемки на плоской пластине сверхзвуковым потоком вязкого газа. Исследуется течение внутри выемки и колебания давления в следе за ней при числах Маха набегающего потока от 2 до 8 и ламинарном пограничном слое. В расчетах используются разностные схемы высокого порядка.

24.04-01.85 О некоторых особенностях спектра продольных колебаний и звукоизлучения стержня. *Азаров А.А., Попов А.Л., Челюбеев Д.А.* *Вестн Тольм. гос. ун-та. Математика и механика.* 2024, № 88, с. 53-65. Рус.

Работа посвящена согласованию теоретических моделей удара и последующих продольных колебаний стержня с экспериментальными данными. Получено решение задачи о продольных колебаниях стержня со свободными концами при наличии трения, коэффициент которого определяется по совокупности многочастотных затухающих колебаний стержня после ударного воздействия. Определены и проанализированы амплитудно-частотные зависимости перемещений и скоростей концов стержня, их связь с акустическим давлением, излучаемым торцами при разных соотношениях между массой ударника и стержня. Продемонстрирован эффект сдвига амплитудного максимума акустического давления с частоты основного тона на обертона, зависящий от параметров, определяющих период осцилляции, и отношения масс ударника и стержня.

24.04-01.86 Расчет параметров совместной вибрации корпуса и соосного валопровода. *Бабанин Н.В., Мелкоян А.Л., Николаев Д.А.* *Морские интеллектуальные*

технологии. 2024, № 3-2, с. 68-74. Рус.

Работа посвящена разработке расчетного комплекса (модель, алгоритм и программа) для получения параметров совместной вибрации соосного многоопорного валопровода и корпуса подводного аппарата при учете вращения гребных винтов, а также оценки взаимовлияния валов и корпуса на параметры их вибрации. Разработанная модель представляет совокупность из трех квазиодномерных конечноэлементных конструкций. Алгоритм расчета построен на базе метода парциальных откликов в его дискретном варианте. Влияние вращения гребного винта учтено введением дополнительных моментов гироскопической природы. Действие этих моментов учитывалось модификацией инерционно-жесткостных характеристик каждой из квазиодномерных моделей валов. Для проведения расчетов параметров вибрации была создана программа «Соосность» и выполнена серия расчетов в задаче прикладного характера. Ключевые слова: установившиеся колебания, квазиодномерная моде.

24.04-01.87 Расчёт параметров вибрации трубопровода без выполнения последовательных приближений. *Мелкоян А.Л., Николаев Д.А., Яремчук С.А.* *Морские интеллектуальные технологии.* 2024, № 3-2, с. 94-101. Рус.

Представляемая работа отражает дальнейшее развитие подходов, примененных авторами в предыдущих статьях, посвященных разработке математической модели, алгоритма и программы расчета параметров вибрации трубопровода при движении по нему идеальной жидкости. В отличие от предыдущих моделей, разработанная модель позволяет получить параметры вибрации без организации процесса последовательных приближений, что существенно снижает трудоемкость и время расчетов. Отмеченные достоинства особенно проявляются при скоростях движения жидкости, близких к критической. Получить новое решение оказалось возможным, так как удалось записать выражения для сил инерции относительно движения элементов модели через углы между их продольными осями. Указанное обстоятельство позволило модифицировать ранее используемую модель, введя в ее состав дополнительные элементы, автоматически порождающие для элементов модели дополнительную нагрузку, соответствующую силам инерции относительно движения. Как и ранее, алгоритм расчета построен на базе метода парциальных откликов в его дискретном варианте. Разработанная программа позволила выполнить серию расчетов, результаты которых продемонстрировали хорошее совпадение с результатами вычислений по формулам, полученным методом Бубнова—Галеркина.

24.04-01.88 Влияние расцентровок осей валов, соединенных зубчатыми муфтами, на виброактивность роторных систем турбоагрегатов. *Ильичев В.Ю., Терехов П.А.* *Научные технологии.* 2024. 26, № 4, с. 40-47. Рус.

Постановка проблемы. В настоящее время на производственных предприятиях возникла необходимость исследовать влияние расцентровок осей валов на возникновение переменных сил и моментов, а также на виброактивность в соединении зубчатых муфт различных конструкций. Цель. Исследовать механизм возникновения переменных сил и моментов в соединении валов зубчатыми муфтами при расцентровке осей валов. Результаты. Проведен ряд исследований на примере двух расцентрованных валов, соединенных двухрядной зубчатой муфтой. Установлено, что величина расцентровки в указанном диапазоне существенно влияет на уровень максимально возможных амплитуд колебаний валов. Практическая значимость. Выявлено, что тщательная центровка осей валов отнюдь не является гарантированным средством для снижения уровня динамических процессов в системе роторов; напротив, при этом возможно установление максимальных амплитуд колебаний валов.

24.04-01.89 Нелинейные аэроупругие колебания стенки плоского канала, заполненного вязким газом и установленного на вибрирующем основании. *Попов В.С., Попова А.А.* *Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки.* 2024. 166, № 2, с. 220-237. Рус.

Рассмотрена задача аэроупругих колебаний стенки канала, имеющей подвес с жесткой кубической нелинейностью, возбуждаемых вибрацией основания, на котором установлен канал.

Исследован плоский узкий канал, заполненный пульсирующим вязким газом, с параллельными жесткими стенками, одна из которых неподвижна, а вторая имеет нелинейно-упругий подвес. Дана постановка задачи аэроупругости для случая изотермического состояния газа и стенок канала. В предположении узости канала осуществлен переход к уравнениям динамики тонкого слоя вязкого газа с учетом инерции его движения и проведен асимптотический анализ поставленной задачи методом возмущений. С использованием метода итераций определен закон распределения давления вязкого газа в канале и получено уравнение аэроупругих колебаний стенки в виде обобщения уравнения Дурффинга. Уравнение решено методом гармонического баланса и найдены в виде неявных функций: основной нелинейный аэроупругий отклик стенки канала и нелинейная характеристика фазового сдвига на вибрацию основания. Проведено численное исследование названных характеристик с целью оценки влияния нелинейно-упругого подвеса стенки канала, инерции движения вязкого газа и его сжимаемости на нелинейные колебания стенки канала.

24.04-01.90 Локализация собственных колебаний тонких упругих прокладок. Назаров С.А. *Прикл. мат. и мех.* 2024. 88, № 1, с. 104-138. Рус.

Изучены собственные колебания тонких изотропных однородных пластин постоянной и переменной толщины, основания которых жестко зацементированы. Показано, что лишь для пластины постоянной толщины с дополнительно зафиксированной боковой поверхностью двумерная модель — спектральная задача Дирихле для двумерной системы Ламе с измененным коэффициентом Пуассона — правильно описывает частоты собственных колебаний тонкого трехмерного тела. В остальных случаях асимптотический анализ предоставляет иные модели пониженной размерности, в частности разнообразнее обыкновенные дифференциальные уравнения, а для соответствующих мод собственных колебаний характерна концентрация около мод боковой поверхности или некоторых точек на границе. При неплоских основаниях локализация собственных мод происходит около точек максимума толщины пластины и описывается обобщенными уравнениями гармонического осциллятора. Обсуждается случай несжимаемого изотропного материала пластины.

24.04-01.91 Математическое моделирование нелинейных колебаний стенки канала, взаимодействующей с вибрирующим штампом через слой вязкой жидкости. Могилевич Л.И., Попов В.С., Попова А.А., Христофорова А.В. *Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр.* 2022, № 2, с. 26-41. Рус.

Разработана и исследована математическая модель для изучения динамики взаимодействия стенки канала, опирающейся на нелинейную пружину, с вибрирующей противоположной стенкой через слой вязкой жидкости, заполняющей канал. Рассмотрен плоский щелевой канал, образованный двумя прямоугольными в плане абсолютно жесткими стенками, параллельными друг другу. Один размер канала в плане значительно больше другого, что обуславливает переход к плоской задаче. Нижняя стенка канала опирается на пружину с кубической нелинейной характеристикой, а верхняя — это штамп, который совершает колебания по заданному закону. Предполагается, что щель между стенками значительно меньше продольного размера канала, а амплитуды колебаний стенок значительно меньше размера щелевого зазора. Движение вязкой жидкости в канале представлено ползущим. Математическая модель рассматриваемого канала представляет собой уравнение динамики массы на пружине, имеющей кубическую нелинейность, а также уравнения Навье—Стокса и неразрывности, дополненные граничными условиями непроскальзывания жидкости на стенках канала и ее свободного истечения на торцах. Исследованы установившиеся нелинейные колебания нижней стенки канала на частоте вынуждающей силы и определен ее гидроупругий отклик. Предложенную модель можно использовать для исследования нелинейных колебаний упругозакрепленных элементов, контактирующих с жидкостью и входящих в состав современных приборов и агрегатов.

24.04-01.92 Моделирование динамики взаимодействия пластины на упругом основании с мягкой кубической нелинейностью с вибрирующим штампом через слой вязкой жидкости. Попов В.С., Попова А.А., Христофорова А.В. *Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр.* 2022, № 3, с. 110-131. Рус.

Предложена математическая модель взаимодействия пластины и слоя вязкой жидкости, находящейся между ней и вибрирующим штампом, с учетом нелинейности свойств упругого основания пластины. Изучены вынужденные нелинейные гидроупругие колебания пластины, удовлетворяющей гипотезам Кирхгофа, на основании с мягкой кубической нелинейностью. Поставлена связанная задача гидроупругости для рассматриваемой колебательной системы. Математическая модель состоит из системы уравнений динамики вязкой жидкости и пластины Кирхгофа на нелинейно-упругом основании. Система дополнена краевыми условиями на границах контакта жидкости с пластиной и штампом, а также условиями на торцах рассматриваемого канала. Проведен асимптотический анализ поставленной задачи гидроупругости и решены упрощенные уравнения движения вязкой жидкости методом итерации. Определено распределение давления и получено нелинейное интегродифференциальное уравнение изгибных колебаний пластины, возбуждаемых вибрирующим штампом. Данное уравнение решено методом Бубнова—Галеркина. Показано, что рассматриваемая задача может быть сведена к исследованию обобщенного уравнения Дурффинга, которое решено методом гармонического баланса. Найден основной нелинейный гидроупругий отклик и фазовый сдвиг пластины. Проведено численное исследование данных характеристик, позволяющее прийти к выводу.

Предложена математическая модель взаимодействия пластины и слоя вязкой жидкости, находящейся между ней и вибрирующим штампом, с учетом нелинейности свойств упругого основания пластины. Изучены вынужденные нелинейные гидроупругие колебания пластины, удовлетворяющей гипотезам Кирхгофа, на основании с мягкой кубической нелинейностью. Поставлена связанная задача гидроупругости для рассматриваемой колебательной системы. Математическая модель состоит из системы уравнений динамики вязкой жидкости и пластины Кирхгофа на нелинейно-упругом основании. Система дополнена краевыми условиями на границах контакта жидкости с пластиной и штампом, а также условиями на торцах рассматриваемого канала. Проведен асимптотический анализ поставленной задачи гидроупругости и решены упрощенные уравнения движения вязкой жидкости методом итерации. Определено распределение давления и получено нелинейное интегродифференциальное уравнение изгибных колебаний пластины, возбуждаемых вибрирующим штампом. Данное уравнение решено методом Бубнова—Галеркина. Показано, что рассматриваемая задача может быть сведена к исследованию обобщенного уравнения Дурффинга, которое решено методом гармонического баланса. Найден основной нелинейный гидроупругий отклик и фазовый сдвиг пластины. Проведено численное исследование данных характеристик, позволяющее прийти к выводу.

24.04-01.93 Моделирование динамики взаимодействия пластины на упругом основании с мягкой кубической нелинейностью с вибрирующим штампом через слой вязкой жидкости. Попов В.С., Попова А.А., Попова М.В., Христофорова А.В. *Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр.* 2023, № 4, с. 110-131. Рус.

Предложена математическая модель взаимодействия пластины и слоя вязкой жидкости, находящейся между ней и вибрирующим штампом, с учетом нелинейности свойств упругого основания пластины. Изучены вынужденные нелинейные гидроупругие колебания пластины, удовлетворяющей гипотезам Кирхгофа, на основании с мягкой кубической нелинейностью. Поставлена связанная задача гидроупругости для рассматриваемой колебательной системы. Математическая модель состоит из системы уравнений динамики вязкой жидкости и пластины Кирхгофа на нелинейно-упругом основании. Система дополнена краевыми условиями на границах контакта жидкости с пластиной и штампом, а также условиями на торцах рассматриваемого канала. Проведен асимптотический анализ поставленной задачи гидроупругости и решены упрощенные уравнения движения вязкой жидкости методом итерации. Определено распределение давления и получено нелинейное интегродифференциальное уравнение изгибных колебаний пластины, возбуждаемых вибрирующим штампом. Данное уравнение решено методом Бубнова—Галеркина. Показано, что рассматриваемая задача может быть сведена к исследованию обобщенного уравнения Дурффинга, которое решено методом гармонического баланса. Найден основной нелинейный гидроупругий отклик и фазовый сдвиг пластины. Проведено численное исследование данных характеристик, позволяющее прийти к выводу.

24.04-01.94 Модель и метод расчета циклической повреждаемости при высокочастотном нагружении корсетных образцов. Никитин И.С., Никитин А.Д., Стратула В.А. *Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 1, с. 136-149. Рус.

С использованием полученных ранее аналитических формул для собственных частот и форм колебаний неоднородных стержней с переменным сечением (корсетной формы) определены геометрические и упругие характеристики образцов, а также выполнены оценки амплитуд осевых напряжений, полученных при проведении экспериментальных исследований установившейся прочности металлических сплавов при высокочастотном циклическом нагружении. На основе трехрежимной модели усталостного разрушения предложен численный метод рас-

чета кинетики повреждаемости при высокочастотном циклическом нагружении растяжением-сжатием образцов корсетной формы при различных значениях коэффициента асимметрии цикла. Проведено сравнение результатов расчетов по предположенной модели с результатами экспериментов на образцах корсетной формы из титанового сплава. Предложенные модель и метод расчета позволяют с достаточной точностью строить усталостные кривые для различных режимов циклического нагружения и коэффициентов асимметрии цикла. Для этого достаточно знать базовые точки бимодальной усталостной кривой для реверсивного цикла.

24.04-01.95 Исследование колебаний, выпучивания и аэроупругости тонкой композитной пластины при наличии в ней локальных и глобальных дефектов геометрии. Мусазадез Х., Мохаммади М.М. *Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 1, с. 150-169. Рус.

Проведено исследование нелинейных колебаний, выпучивания и аэроупругости тонкой композитной пластины. Рассмотрены способы симметричной и антисимметричной укладки различного количества слоев под различными углами в диапазоне от 0 до 90°. Изучено поведение пластины при постоянных и переменных тепловых нагрузках с учетом зависимости коэффициента удельной теплоемкости и модуля упругости от температуры. Исследовано влияние на поведение пластины наличия в ней дефектов геометрии. С использованием метода Галеркина система дифференциальных уравнений в частных производных сведена к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, которая решена методом Рунге—Кутты.

24.04-01.96 Уточненная модель динамического деформирования стержня-полосы с закрепленным участком конечной длины на одной из лицевых поверхностей. Паймушин В.Н., Шижкин В.М. *Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 1, с. 181-197. Рус.

Решается задача о вынужденных изгибных колебаниях стержня-полосы с двумя консолями и закрепленным участком конечной длины на одной из лицевых поверхностей. Для описания процессов деформирования консолей используется модель Тимошенко без учета поперечного обжатия, закрепленного участка — такая же модель деформирования с учетом поперечного обжатия, модифицированная за счет учета наличия неподвижного закрепленного участка. Сформулированы условия кинематического сопряжения консолей и закрепленного участка. На основе вариационного принципа Гамильтона—Остроградского сформулированы уравнения движения и граничные условия, а также силовые условия сопряжения участков стержня. Получены точные аналитические решения уравнений движения при воздействии гармонической поперечной силы на конце одной из консолей стержня. Проведены численные эксперименты, в которых исследовалось прохождение резонансных колебаний через закрепленный участок конечной длины в стержнях, выполненных из дюралюминия и волокнистого композита, с учетом и без учета поперечного обжатия закрепленного участка. Обнаружено значительное увеличение амплитуды колебаний конца ненагруженной консоли дюралюминиевого стержня за счет поперечного обжатия закрепленного участка. Для композитного стержня амплитуда колебаний увеличилась незначительно.

24.04-01.97 Асимптотический вывод совместных уравнений для тонкой оболочки в виде упругого кольца, заполненного жидкостью. Юджель Х., Каплунов Д., Эге Н., Эрбаш Б. *Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 2, с. 164-176. Рус.

Рассматривается классическая гармоническая по времени задача о плоской деформации цилиндрической упругой оболочки, нагруженной жидкостью. Представлены результаты низкочастотного асимптотического анализа. Получены явные формулы для собственных частот. Сформулирована уточненная теория полумембранных оболочек. Показано, что инерция оболочки не оказывает существенного влияния на низшие собственные частоты. Установлено, что окружная компонента напряжения изменяется по параболическому закону.

24.04-01.98 Длинноволновые изгибные колебания и деформация малоразмерной полосы-балки с учетом по-

верхностных эффектов. Мухомедов Г.И. *Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 2, с. 214-225. Рус.

Рассматривается малоразмерная упругая изотропная полоса-балка, нагруженная переменными объемными и поверхностными силами. На лицевых поверхностях учитываются поверхностные касательные напряжения и инерция в рамках поверхностной теории упругости Гуртина—Мурдоха. Методом асимптотического интегрирования уравнений двумерной теории упругости по толщине полосы выводятся асимптотически корректные уравнения, описывающие длинноволновую изгибную деформацию микро- и нанобалок с учетом сдвигов и поверхностных эффектов. Исследуется влияние поверхностных напряжений и инерции на нижний спектр собственных колебаний металлических микро- и нанобалок. Показано, что поверхностная инерция оказывает такое же влияние на спектр собственных частот изгибных колебаний, как и поверхностные напряжения.

24.04-01.99 Обработка результатов модальных испытаний с учетом нелинейной зависимости демпфирования от частоты колебаний. Дмитриев С.Н., Хамидуллин Р.К. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение.* 2024, № 2, с. 63-81. Рус.

Предложена методика обработки результатов модальных испытаний, основанная на представлении демпфирования в окрестности резонансных пиков в виде функции от частоты колебаний. Такой подход применен для повышения качества идентификации модальных параметров систем с проявлениями нелинейностей. Методика позволяет учитывать изменения демпфирования в окрестности резонансных пиков, возникающих в основном из-за зависимости демпфирования от амплитуды колебаний, а также существенную несимметричность пиков, обычно связанную с проявлением гистерезиса при уменьшении или возрастании частоты колебаний. При обработке на основе экспериментально полученных амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик построена функция демпфирования, характеризующая изменение демпфирования в конструкции от частоты колебаний. В окрестности резонансных пиков проведена аппроксимация функции демпфирования полиномом второй степени для определения соотношения между коэффициентами полинома. Методом наименьших квадратов выполнен итерационный подбор коэффициентов демпфирования для каждого тона колебаний с учетом взаимного влияния тонов. Методика реализована в среде MATLAB. Верификация проведена сравнением результатов обработки с результатами, полученными с помощью методов PolyMAX, Time MDOF и метода половинной мощности.

24.04-01.100 Динамика линейной механической системы под действием аддитивных и мультипликативных полигармонических высокочастотных воздействий с некратными частотами. Тушев О.Н., Кондратьев Е.К. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение.* 2024, № 2, с. 121-133. Рус.

В общем случае предположено, что под действием аддитивных и мультипликативных возмущений возбуждается каждый элемент линейной механической системы. Решение выполнено методом Боголюбова в два приближения с небольшим изменением. Движение представляется в виде суммы "медленной" и "быстрой" составляющих. Предложена формализация задачи, позволяющая в векторном уравнении движения выделить воздействия как скалярные элементы с матричными коэффициентами специального вида, что принципиально упростило аналитические преобразования. Поскольку внешние воздействия представляют собой аperiodические процессы, то во втором приближении осреднение быстрых гармоник на периоде заменено сегрегацией движений, как и в первом приближении. Показано, что в системе могут возникнуть низкочастотные колебания на комбинационных частотах гармоник внешних воздействий, включающих в себя множественные обычные и параметрические резонансы, а также постоянные составляющие. Используемая формализация позволила не только единообразно описать все возможные варианты приложения аддитивной и мультипликативной составляющих нагрузки, но и получить решение поставленной задачи структурно в том же виде, что и для скалярного уравнения. Приведен пример, в котором результаты сопоставлены с решением, полученным численным

моделированием движения.

24.04-01.101 Динамика взаимодействия пульсирующего слоя вязкой сжимаемой жидкости с пластиной на нелинейно-упругом основании. *Попов В.С., Попова А.А. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки.* 2024, № 3, с. 45-69. Рус.

Предложена математическая модель взаимодействия пульсирующего ползущего слоя вязкой сжимаемой жидкости (газа) с пластиной, установленной на упругом основании с жесткой кубической нелинейностью. Пластина является нижней стенкой узкого плоского канала, верхняя стенка которого полагается жесткой. Рассмотрен случай изотермического состояния, когда пульсация жидкости обусловлена заданным законом изменения давления на торцах канала. Модель включает в себя уравнения Навье—Стокса для вязкой сжимаемой жидкости, уравнение неразрывности, уравнение состояния баротропной среды и уравнение динамики пластины типа Кирхгофа, краевые условия на границах контакта разнородных сред и торцах канала. Проведен асимптотический анализ модели методом возмущений и получены линеаризованные уравнения динамики тонкого ползущего слоя сжимаемой вязкой жидкости. С использованием метода итераций найдено распределение давления в слое жидкости. В результате получено интегрированное дифференциальное уравнение изгибных аэроупругих колебаний пластины на нелинейно-упругом основании. На базе решения этого уравнения методом Бубнова—Галеркина получено обобщенное уравнение Дуффинга. Из этого уравнения следует, что сжимаемость жидкости ведет к уменьшению инерционных свойств рассматриваемой системы и к появлению фазового запаздывания возмущающей силы. С использованием метода гармонического баланса определен основной аэроупругий отклик пластины и нелинейная характеристика ее фазового сдвига. Численное исследование этих характеристик показало, что учет сжимаемости жидкости приводит к возрастанию значений резонансных частот и амплитуд колебаний пластины. Показана возможность подавления неустойчивых колебаний пластины со скачкообразным изменением амплитуд ее прогибов за счет изменения толщины слоя жидкости.

24.04-01.102 Об одном обратном методе решения задачи о колебаниях механических систем с движущимися границами. *Литвинов В.Л., Литвинова К.В. Вестник МГУ. Сер. 1: Математика. Механика.* 2024, № 3, с. 53-59. Рус.

Рассмотрен аналитический метод решения волнового уравнения, описывающего колебания систем с движущимися границами. Путем замены переменных, останавливающей границы и оставляющей уравнение инвариантным, исходная краевая задача сведена к системе функционально-разностных уравнений, которая может быть решена с помощью прямого и обратного методов. Описан обратный метод, позволяющий аппроксимировать достаточно разнообразные законы движения границ законами, полученными из решения обратной задачи. Найдены новые частные решения для достаточно широкого круга законов движения границ. Рассмотрен прямой асимптотический метод приближенного решения функционального уравнения. Произведена оценка погрешностей приближенного метода в зависимости от скорости движения границы.

24.04-01.103 Математические модели нелинейной динамики функционально-градиентных нано/микро/макромасштабных пористых замкнутых цилиндрических оболочек Кирхгофа—Лява. *Яковлева Т.В., Крысько В.А. Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки.* 2024, 28, № 1, с. 96-116. Рус.

Построены новые математические модели динамики нелинейных нано/микро/макромасштабных функционально-градиентных пористых замкнутых цилиндрических оболочек. В качестве кинематической модели для оболочек выбрана гипотеза Кирхгофа—Лява. Геометрическая нелинейность учитывается по модели фон Кармана. Нанозффекты учитываются согласно модифицированной моментной теории упругости. Вариационные и дифференциальные уравнения, граничные и начальные условия получены из принципа Гамильтона. Проводится доказательство теоремы существования решения на основе теории обобщенных решений дифферен-

циальных уравнений (методы гильбертовых пространств, вариационные методы). В качестве примеров рассмотрены нано/микро/макромасштабные замкнутые цилиндрические оболочки как системы с «почти» бесконечным числом степеней свободы под действием полосовой поперечной знакопеременной нагрузки. В качестве метода сведения уравнений в частных производных к задаче Коши принят метод Бубнова—Галеркина в высших приближениях. Исследована его сходимости. Задача Коши решена методами Рунге—Кутты от четвертого до восьмого порядков точности и методом Ньюмарка. Применение нескольких численных методов на каждом этапе моделирования необходимо для достоверности получаемых результатов. Исследование характера сложных колебаний замкнутой цилиндрической нано/микро/макромасштабной оболочки проведено методами нелинейной динамики, для этого построены сигналы, фазовые портреты, применены Фурье-анализ и различные вейвлет-преобразования, среди которых вейвлет Морле оказался наиболее информативным. Анализ типа хаотических колебаний проводится на основе спектра показателей Ляпунова методом Сано—Савада и старшего показателя несколькими методами: Канда, Розенштейна, Вольфа. Показано, что величина размерно-зависимого параметра и учет пористости оказывают существенное влияние на характер колебаний цилиндрических оболочек. Обнаружено явление гиперхаоса. Ключевые слова: динамика, пористость, модифицированная моментная теория упругости, теоремы существования решения, гиперхаос, модель Кирхгофа—Лява.

24.04-01.104 Об одном решении задачи о колебаниях механических систем с подвижными границами. *On one solution of the problem of vibrations of mechanical systems with moving boundaries.* *Litvinov V.L., Litvinova K.V. Вестник Самарского гос. ун-та.* 2024, 30, № 1, с. 40-49. Англ.

An analytical method of solving the wave equation describing the oscillations of systems with moving boundaries is considered. By changing the variables that stop the boundaries and leave the equation invariant, the original boundary value problem is reduced to a system of functional-difference equations, which can be solved using direct and inverse methods. An inverse method is described that makes it possible to approximate quite diverse laws of boundary motion by laws obtained from solving the inverse problem. New particular solutions are obtained for a fairly wide range of laws of boundary motion. A direct asymptotic method for the approximate solution of a functional equation is considered. An estimate of the errors of the approximate method was made depending on the speed of the boundary movement.

24.04-01.105 Исследование влияния температурных напряжений на собственные колебания пластин. *Суслов А.В., Ярославкина Е.Е. Вестник Самарского гос. ун-та.* 2024, 30, № 2, с. 45-53. Рус.

Проведены исследования влияния температурных напряжений на частоты собственных колебаний прямоугольных пластин при различных условиях закрепления с помощью аналитического метода и компьютерного моделирования методом конечных элементов. Установлено, что с ростом температуры частота собственных колебаний уменьшается. Наличие температурных напряжений оказывает существенное влияние на изменение частоты колебаний. Сделан вывод, что наибольшее изменение претерпевают низшие частоты. Кроме этого, с ростом температуры меняется форма колебаний.

24.04-01.106 К вопросу вибродиагностики свободных колебаний балок методом Герца. *Картопольцев В.М. Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та.* 2024, 26, № 3, с. 242-252. Рус.

Рассмотрены вопросы вибродиагностики свободных колебаний балок пролетных строений металлических мостов на основе общей теории соударения тел по методу Герца. Динамическое взаимодействие груза и балки при ударе учитывает инерционность и ускорение в процессе колебания тел и представляет актуальную контактную теорию упругости и упругопластического деформирования. Цель работы. На основе численного решения контактной задачи способом Л.И. Маламента и общей теории малых упругопластических деформаций определить зависимости ударного воздействия груза о балку и харак-

теристики контактного процесса соударения тел, их инерционность и ускорение во времени. Результаты. Совершенствуется механизм вычисления свободных колебаний балок пролетных строений мостов в условиях практической вибродиагностики, отвечающей современным требованиям теории колебания при динамическом воздействии нагрузок.

24.04-01.107 Классическое решение смешанных задач из теории продольного удара по упругому полубесконечному стержню в случае отделения ударившего тела после удара. *Корзюк В.И., Рудько Я.В. Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук.* 2024. 60, № 2, с. 95-105. Рус.

Рассматриваются две связанные начально-краевые задачи, которые моделируют процесс продольного удара в полубесконечном стержне на основе теории Сен-Венана. Математическая постановка задачи представляет собой две смешанные задачи для одномерного волнового уравнения с условиями сопряжения. Условия Коши задаются на пространственной полупрямой. Начальное условие для частной производной по временной переменной имеет разрыв первого рода в одной точке. На временной полупрямой задается граничное условие, содержащее неизвестную функцию и ее частные производные первого и второго порядка. Решение строится методом характеристик в явном аналитическом виде. Доказана единственность и установлены условия существования кусочно-гладкого решения. Рассмотрено классическое решение смешанной задачи с условиями сопряжения.

См. также **24.04-01.29**, **24.04-01.35**, **24.04-01.42**

Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

24.04-01.108 Влияние межфазного теплообмена на распространение акустических волн в пористой среде, насыщенной пузырьковой жидкостью. *Гималтдинов И.К., Хусаинов И.Г., Галиев А.Л. Инженерная физика.* 2024, № 8, с. 50-56. Рус.

Исследовано влияние межфазного теплообмена на распространение акустических волн в пористой среде, насыщенной пузырьковой жидкостью. Построена математическая модель, описывающая распространение волн с учетом теплообмена между жидкостью и газом в пузырьках. Считается, жидкость и газ движутся с одинаковой скоростью. Получено дисперсионное соотношение и выписаны формулы, определяющие зависимость распространения быстрой и медленной волн в пористой среде от сил межфазного взаимодействия, от вязкости вещества скелета, а также от теплообмена между жидкостью и газом в пузырьках. Выполнен асимптотический анализ для формулы межфазного теплообмена, построены графики зависимости теплообмена от круговой частоты. Установлено, что межфазный теплообмен сильно зависит от радиуса пузырька и слабо зависит от начального значения объемной доли газовой фазы в жидкости. Ключевые слова: давление, пористая среда, пузырьки газа, жидкость, волна, межфазный теплообмен.

24.04-01.109 О скорости звука в многофазных системах. *Гладков С.О. Акустический журнал.* 2024. 70, № 1, с. 29-34. Рус.

Вычислена общая зависимость скорости звука c_s в двухфазной системе типа: «жидкость+газ» и «газ+жидкость» в виде функции от концентрации x добавочной фазы и термодинамических параметров смеси. Показано, что в предельных случаях, когда концентрация стремится к нулю или к единице, получаются формулы, численные значения которых хорошо согласу-

ются с известными значениями для скорости звука в воде и воздухе. Дано обобщение этой формулы на многокомпонентные системы. Графически проиллюстрирована найденная функциональная зависимость $c_s(x)$ для случая двухфазной среды и показано ее качественное и количественное соответствие с результатами других авторов.

24.04-01.110 Акустическая диагностика подводных выбросов, распространяющихся в виде многофазной струи. *Гималтдинов И.К., Столповский М.В., Кочанова Е.Ю. Акустический журнал.* 2024. 70, № 2, с. 174-179. Рус.

Численно исследовано взаимодействие импульса давления с газожидкостной зоной, являющейся сечением затопленной многофазной струи, состоящей из смеси воды и нефти и содержащей пузырьковое ядро из метана. Показана возможность определения степени расширения струи, объемного содержания нефти и газа в струе по отраженным сигналам.

Статистическая акустика

24.04-01.111 Учет производства энтропии в уравнении Лиувилля и вывод из него «модифицированной» системы уравнений Навье—Стокса. *Хатунцева О.Н. Труды МАИ.* 2024, № 1(134), с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=178455>. Рус.

Турбулентный и ламинарный режимы течения жидкости или газа неотличимы на масштабах теплового движения молекул. Однако на мезо- и макро- масштабах проявляются существенные отличия между ними. Турбулентный режим, имеет черты стохастического необратимого по времени процесса на всех масштабах рассмотрения, причем, стохастические пульсации в турбулентном режиме на разных масштабах являются коррелированными — имеют коллективный характер. В отличие от него, ламинарный режим является детерминированным и обратимым по времени на всех масштабах, существенно превосходящих масштаб теплового движения молекул. Существуют диапазоны параметров течения выше некоторых критических значений, при которых с разной вероятностью могут реализовываться и существовать как ламинарный, так и турбулентный режимы. Переходы между ними происходят скачкообразно, необратимым образом, то есть обратный переход при изменении параметров в противоположном направлении может происходить (и обычно происходит) при других значениях параметров. Таким образом, уравнение, описывающее оба этих режима, должно допускать неединственное решение, с негладким и неоднозначно определенным переходом между ними. Ранее были проведены исследования возможности описания как ламинарного, так и турбулентного течения жидкости на основе одних и тех же «модифицированных» уравнений Навье—Стокса, учитывающих в турбулентном режиме производство энтропии за счет возбуждения стохастических возмущений на разных масштабах течения. Решения, соответствующие ламинарному и турбулентным режимам течения несжимаемой нетеплопроводной жидкости, были аналитически получены для задач Хагена—Пуазейля, плоского течения Пуазейля и плоского течения Куэрта. Проведено сравнение экспериментальных и аналитических решений для различных значений числа Рейнольдса. В работе показана возможность перехода от уравнения Лиувилля, учитывающего производство энтропии на разных масштабах («модифицированного» уравнения Лиувилля) к «модифицированному» уравнению Больцмана через цепочку «модифицированных» уравнений Боголюбова. На основе этих уравнений приводится вывод «модифицированной» системы уравнений Навье—Стокса.

Нелинейная акустика

Нелинейные параметры среды

24.04-01.112 Влияние 3D-печати на упругие свой-

ства нитевидных образцов полимера ABS. *Володарский А.Б., Кокшайский А.И., Одина Н.И., Коробов А.И., Михалев Е.С. Акустический журнал.* 2024. 70, № 2, с. 167-173. Рус.

Приведены результаты экспериментального исследования влияния 3D-печати при 100% заполнении на линейные и нелинейные упругие свойства образцов полимера ABS, выполненных в виде тонких нитей. Исследования исходного и 3D-напечатанного образцов полимера ABS проводились статическим методом и методом Терстона—Браггера. Были определены значения линейных и нелинейных модулей Юнга, а также упругих нелинейных параметров второго порядка для нескольких циклов нагрузки-разгрузки образца. Показано, что выбранный режим 3D-печати почти не изменяет прочностные характеристики полимера ABS, а пластические характеристики даже несколько улучшаются. Обнаружено, что механическое нагружение оказывает различное воздействие на нелинейный параметр исходного и 3D-напечатанного образцов. Для 3D-напечатанного образца обнаружено уменьшение нелинейного параметра по мере роста нагрузки.

Теория нелинейных акустических волн

24.04-01.113 Обращение волнового фронта звука на поверхности жидкого кристалла. *Алавердян Р.Б., Чилингарян Ю.С. Ученые записки ЕГУ, физико-математических наук.* 1985. 58, № 3, с. 139-142. Рус.

Впервые зарегистрирован и экспериментально исследован эффект обращения волнового фронта звука на поверхности раздела нематического жидкий кристалл (НЖК)—воздух. Экспериментально установлено возрастание интенсивности обращенного звука вблизи точки термодинамического фазового перехода (НЖК—изотропная жидкость) по сравнению с областями наибольшей устойчивости фаз.

24.04-01.114 Математическое моделирование эволюции продольных волн деформации в кольцевом канале с вязкой жидкостью, стенки которого имеют дробную физическую нелинейность. *Могилевич Л.И., Попова Е.В., Попова М.В. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки.* 2024, № 1, с. 4-27. Рус.

Предложена математическая модель и выполнено моделирование процесса распространения продольных нелинейных волн деформации в стенках кольцевого канала, заполненного вязкой жидкостью постоянной плотности. Стенки канала рассматриваются как две бесконечно длинные цилиндрические оболочки, продольные оси симметрии которых совпадают. Изучен случай, когда материал оболочки имеет дробную физическую нелинейность. В рамках разработанной модели оценено влияние инерции движения жидкости и ее вязкости на волновой процесс. Проведен асимптотический анализ разрешающих уравнений гидроупругости стенок канала методом возмущений и осуществлен переход к системе двух обобщенных уравнений Шамеля, описывающих эволюцию продольных нелинейных волн деформации в стенках рассматриваемого канала. Для частного случая найдено точное решение этой системы солитонного вида и показано, что в общем случае система требует численного исследования. Для реализации вычислительного эксперимента предложены новые разностные схемы, подобные схеме Кранка—Николсона для исследования распространения теплоты. Моделирование показало, что с течением времени скорость и амплитуда волн деформации остаются неизменными, а скорость волн является сверхзвуковой. При рассмотрении в качестве начальных условий точного решения расчеты показали совпадение численного решения с точным. Это подтверждает адекватность предложенной разностной схемы для обобщенных уравнений Шамеля. Показано, что единенные волны деформации в стенках канала являются солитонами.

См. также **24.04-01.22, 24.04-01.25, 24.04-01.48**

Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

24.04-01.115 Исследование влияния нелинейного режима работы сотовых ЗПК при высоких уровнях звукового давления на распространение звуковых волн в цилиндрическом канале с потоком. *Башикатов В.В., Остриков Н.Н. Акустический журнал.* 2024. 70, № 1, с. 11-

20. Рус.

Рассмотрена задача о распространении звука в цилиндрическом канале с однородным потоком при наличии нелинейных импедансных граничных условий, проистекающих из зависимости импеданса сотовых звукопоглощающих конструкций (ЗПК) от уровня звукового давления. Построена итерационная процедура решения указанной задачи, в которой распространение звука описывается асимптотическим решением задачи о распространении звуковых мод в цилиндрическом канале с однородным потоком при плавно-неоднородном импедансе стенок в осевом направлении, а нелинейный режим работы ЗПК — на основе полумпирической модели двухслойной сотовой ЗПК. Показано, что построенный итерационный алгоритм сходится в рамках границ применимости асимптотического решения и расходится за их пределами. Показано, что при тех параметрах, при которых проводились расчеты, нелинейный эффект работы ЗПК приводит к увеличению затухания звука по сравнению с линейным решением аналогичной задачи, причем этот эффект оказывается более сильным при распространении звука по потоку, чем при распространении против потока.

См. также **24.04-01.39, 24.04-01.40**

Нелинейная акустика твердых тел

См. **24.04-01.85**

Акустические течения и радиационное давление

24.04-01.116 Диффузионная устойчивость кавитационного пузырька в жидком микровключении под действием внешней вынуждающей силы. *Леонов К.В., Ахатов И.Ш. Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2024, № 1, с. 63-76. Рус.

Рассматривается задача диффузионной устойчивости одиночного кавитационного пузырька в сферической ячейке жидкости (жидком микровключении), окруженной бесконечным упругим твердым телом. В качестве внешней вынуждающей силы используется периодическое во времени давление в твердом теле вдали от ячейки жидкости, которое инициирует колебания пузырька, сопровождающиеся процессом диффузии газа в системе пузырь-в-ячейке. Использовано инженерное приближение, согласно которому увеличение/уменьшение пузырька рассматривается в среднем в предположении, что за период внешнего воздействия масса газа в пузырьке заметно не меняется. Разработанная теория предсказывает существование устойчиво осциллирующих пузырьков в ограниченной жидкости под действием внешней вынуждающей силы. Выявлены три возможных режима диффузии: 1) полное растворение пузырька, 2) частичное растворение пузырька и 3) частичный рост пузырька; последние два режима соответствуют диффузионной устойчивости в системе пузырь-в-ячейке. Проведено параметрическое исследование влияния концентрации газа, растворенного в жидкости, на результирующий устойчивый размер пузырька. Полученные результаты сравниваются с результатами для случая устойчивых колебаний пузырька в звуковом поле давления в бесконечной жидкости. Теоретические выводы могут быть использованы для совершенствования современных приложений ультразвуковых технологий.

24.04-01.117 Влияние амплитуды вносимого стационарного возмущения на его немодальный рост в ламинарной затопленной струе. *Гареев Л.Р., Иванов О.О., Веденев В.В., Ашуров Д.А. Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 1, с. 70-74. Рус.

Исследуется влияние амплитуды вносимых в ламинарное струйное течение дефлекторов на коэффициент линейного изменения радиальной компоненты стационарного возмущения. Описаны метод внесения возмущений и метод их измерения. Показано, что уменьшение амплитуды дефлекторов не приводит к изменению картины течения, не предотвращает возникновение алгебраического механизма роста и вызывает пропорциональное уменьшение радиальной компоненты стационарного возмущения скорости. Переход к турбулентному режиму

происходит после достижения определенного значения радиального расширения, не зависящего от начальной амплитуды вносимого возмущения.

См. также **24.04-01.33**

Нелинейные диспергирующие волны, солитоны

24.04-01.118 Моделирование эволюции уединенных волн деформации в двух соосных оболочках из несжимаемого материала с комбинированной нелинейностью, содержащих вязкую жидкость между ними и во внутренней оболочке. *Попова Е.В. Труды МАИ. 2024, № 2(135), с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=179674>. Рус.*

Рассматриваются вопросы постановки задачи гидроупругости для двух соосных цилиндрических оболочек типа Кирхгофа—Лява, содержащих вязкую несжимаемую жидкость в кольцевом зазоре и во внутренней оболочке. Материал оболочек рассматривается как несжимаемый и имеющий нелинейный закон связи напряжений с деформацией и интенсивностью деформаций. Получены уравнения динамики оболочек для случая, когда указанный закон имеет жесткую комбинированную нелинейность в виде степенной функции с дробным показателем степени и квадратичной функции. Динамика вязкой жидкости рассматривается в рамках гидродинамической теории смазки, т.е. движение жидкости принимается ползущим. Используя метод двухмасштабных разложений проведен асимптотический анализ сформулированной задачи гидроупругости. В результате получена система двух эволюционных уравнений для моде-

лирования распространения нелинейных продольных волн деформации в оболочках. Показано, что в случае несжимаемого материала оболочек наличие вязкой жидкости во внутренней оболочке не сказывается на волновом процессе. Уравнения системы представляют собой обобщенные уравнения Кортевега—де Вриза—Шамеля. Найдено точное частное решение полученной системы эволюционных уравнений в виде уединенной волны с произвольным волновым числом для случая, когда данная волна распространяется в каждой из оболочек. Для проведения численного моделирования получена новая разностная схема для нелинейной системы двух обобщенных уравнений Кортевега—де Вриза—Шамеля на основе применения техники базисов Гребнера. Проведены вычислительные эксперименты по исследованию эволюции уединенных продольных волн деформаций, возбуждаемых в оболочках. Численное моделирование показало, что уединенные нелинейные волны деформации в оболочках являются сверхзвуковыми солитонами, а также передачу энергии от одной оболочки к другой за счет вязкости жидкости, находящейся между ними.

Нелинейная акустика многофазных, пористых, резиноподобных сред, полимеров

См. **24.04-01.113**

Нелинейная акустика структурно неоднородных сред

См. **24.04-01.21, 24.04-01.112**

Физическая акустика

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

24.04-01.119 Оптимальное проектирование трансверсальных фильтров на поверхностных акустических волнах. *Маринушкин П.С., Левицкий А.А., Зограф Ф.Г. Инженерный вестник Дона. 2024, № 7, http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_7__7y24_Marinushkin_Levitskiy_Zograf.pdf_b55d9c0733.pdf. Рус.*

Статья посвящена расчёту аподизованных встречно-штыревых преобразователей для полосовых фильтров на поверхностных акустических волнах. Обсуждаются этапы численного решения оптимизационной задачи определения коэффициентов аподизации в рамках итерационного алгоритма Паркса—Маклеллана и расчёт частотных характеристик встречно-штыревых преобразователей с учетом эффектов второго порядка по модели связанных мод. Представлен пример моделирования трансверсального фильтра, синтезированного с помощью оптимизационного алгоритма. Ключевые слова: акустоэлектроника, аподизация, аппроксимация, встречно-штыревой преобразователь, импульсная характеристика, поверхностная акустическая волна, оптимизация, пьезоэлектричество, фильтр, частотная характеристика.

24.04-01.120 Низкочастотная сдвиговая упругость гомологического ряда нормальных углеводородов. *Дембелова Т.С., Макарова Д.Н., Бадмаев Б.Б. Акустический журнал. 2024, 70, № 1, с. 35-39. Рус.*

Акустическим резонансным методом исследована низкочастотная (74 кГц) сдвиговая упругость гомологического ряда нормальных углеводородов (алканов). Измерены модуль сдвига, тангенс угла механических потерь, рассчитаны частота релаксации и эффективная вязкость. Установлены зависимости этих параметров от вязкости гомолога. Показано, что тангенс угла механических потерь у всех исследованных жидкостей меньше 1. Это показывает, что частота релаксации лежит ниже частоты эксперимента.

24.04-01.121 О звукопоглощающем покрытии в виде слоя вязкой жидкости с пузырьками. *Казakov Л.И. Акустический журнал. 2024, 70, № 1, с. 40-48. Рус.*

Рассмотрена возможность создания широкополосного звукопоглощающего покрытия для гидроакустических измерительных бассейнов и камер с инерционными, либо звуконепроходимыми стенками, состоящего из слоя вязкой жидкости с газовыми пузырьками. Расчет покрытий основан на известной теории распространения звука в жидкой среде с пузырьками, а также на использовании интегральных дисперсионных уравнений Крамера—Кронига. Показано, что объемная функция распределения пузырьков по размерам должна быть постоянной во всем диапазоне их размеров. Назначение вязкой жидкости — увеличить затухание пузырьков до оптимальной для покрытий величины порядка единицы путем добавления к малым термическим потерям вязких потерь в окружающей жидкости. В покрытиях для звуконепроходимых стенок использованы низкочастотные компенсирующие резонаторы. Приведено несколько примеров расчета акустических характеристик покрытий.

24.04-01.122 Акустика кипения с недогревом на лазерном нагревательном элементе. *Лебедев М.С., Тагильцев А.А., Кулик А.В., Чудновский В.М. Подводные исследования и робототехника. 2024, 37, № 1, с. 21-25. Рус.*

Исследуются акустические сигналы, возникающие при кавитации, инициированной лазерным нагревом воды в окрестности торца оптоволокна, погружённого в воду. Показано, что рост и схлопывание паровой фазы в окрестности торца оптоволокна (лазерного нагревательного элемента), по которому распространяется лазерное излучение, генерируют характерные для элементарного акта вскипания акустические сигналы, которые предшествуют появлению сигналов большой амплитуды. Установлено, что сигналы большой амплитуды вызваны ударными волнами, возникающими при коллапсе основного пузырька и вторичных пузырьков — «отскоков».

См. также **24.04-01.109**

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

24.04-01.123 Теплоемкость и особенности фононного спектра монокристаллов твердых растворов иттрий-лютециевых алюмогранатов. *Никитов С.А., Таранов А.В., Хазанов Е.Н., Чарная Е.В., Лихолетова М.В., Шевченко Е.В. Акустический журнал.* 2024. 70, № 2, с. 180-185. Рус.

Измерены температурные зависимости теплоемкости и исследованы общие закономерности формирования фононного спектра монокристаллов твердых растворов иттрий-лютециевых алюмогранатов $Y_{3-x}Lu_xAl_5O_{12}$ при $0 \leq x \leq 3$ в интервале температур от 1.9 до 220 К. По данным, полученным ниже 10 К, рассчитаны температуры Дебая. Особенности фононного спектра в промежуточной температурной области интерпретированы как суперпозиция оптических мод для иттриевого и лютециевого гранатов. Показано, что низкие значения теплоемкости, обусловленной вкладом акустических фононов, для $Y_{2.25}Lu_{0.75}Al_5O_{12}$ коррелируют с аномалиями на концентрационных зависимостях фононного транспорта, поглощения акустических волн и формы линии ЯМР алюминия.

См. также **24.04-01.109, 24.04-01.110**

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

24.04-01.124 Экспериментальное исследование медленной релаксации скорости звука в карбонатной породе. *Лебедев А.В., Манаков С.А. Акустический журнал.* 2024. 70, № 2, с. 253-272. Рус.

Представлены результаты комплексных исследований явления медленной релаксации скорости звука в структурно-неоднородных материалах после вибрационного воздействия конечной амплитуды деформаций. Результаты получены на созданной для этих исследований экспериментальной установке, обеспечившей высокую точность измерений линейных и нелинейных акустических характеристик различных материалов. Приведены результаты экспериментального исследования релаксации в карбонатной горной породе, представляющей собой структурно-неоднородный материал со сложной системой внутренних связей. Измерения позволили определить зависимости параметров релаксации от амплитуды и времени возбуждения, а также эффекты, обусловленные конечной амплитудой зондирующей волны. Дана интерпретация полученных результатов и отмечены эффекты, не получившие исчерпывающего объяснения.

Акустика ГГц частот; Бриллюэновское рассеяние

24.04-01.125 Технология создания сегнетоэлектрических фотонных и фононных кристаллов. *Крутов В.В., Сизов А.С., Щука А.А. RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2017. 5, № 2, с. 3-21. Рус.

Обобщены и проанализированы результаты исследований в области технологии создания сегнетоэлектрических фотонных и фононных кристаллов. Рассмотрены особенности формирования антипараллельных доменов в сегнетоэлектриках различными методами. Особое внимание уделено индустриально-ориентированным технологиям с малой продолжительностью технологического цикла. Кратко описаны результаты работ, выполненных в Московском технологическом университете. Предложен и исследован физико-технологический принцип, при котором локальное стимулирование инверсии доменов осуществляется с помощью интерферирующих волн и однородного электрического поля (термоинтерференционный принцип). Получены выражения для оценки энергетических и временных па-

раметров интерференционного импульса, не зависящие от физической природы волн (электромагнитных и акустических). Рассмотрен метод реализации бимпульсной гетеротермальной технологии (БИГ-технологии) с использованием упругих волн (акустоинтерференционный метод), в частности, его «+Z-модификация». Данная модификация предполагает использование температурной решетки, индуцированной волнами, интерферирующими на +Z-поверхности сегнетоэлектрика. Предложены варианты конструкций оборудования для реализации «+Z-модификации» акустоинтерференционного метода. Разработана модель проектирования оборудования, позволяющая оптимизировать основные технологические параметры. Оценены основные параметры применительно к с-ориентированным пленкам цирконата-титаната свинца. Показано, что использование акустоинтерференционного метода позволяет формировать регулярные доменные структуры в пленках указанного сегнетоэлектрика с рекордно малой продолжительностью технологического цикла $t_c \leq 18$ мкс. Ключевые слова: доменная инженерия, доменные структуры в сегнетоэлектриках, фотонные кристаллы, температурные решетки, бимпульсная гетеротермальная технология, акустоинтерференционный метод.

24.04-01.126 Технология создания сегнетоэлектрических фотонных и фононных кристаллов. *Крутов В.В., Сизов А.С., Щука А.А. RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2017. 5, № 2, с. 3-21. Рус.

Обобщены и проанализированы результаты исследований в области технологии создания сегнетоэлектрических фотонных и фононных кристаллов. Рассмотрены особенности формирования антипараллельных доменов в сегнетоэлектриках различными методами. Особое внимание уделено индустриально-ориентированным технологиям с малой продолжительностью технологического цикла. Кратко описаны результаты работ, выполненных в Московском технологическом университете. Предложен и исследован физико-технологический принцип, при котором локальное стимулирование инверсии доменов осуществляется с помощью интерферирующих волн и однородного электрического поля (термоинтерференционный принцип). Получены выражения для оценки энергетических и временных параметров интерференционного импульса, не зависящие от физической природы волн (электромагнитных и акустических). Рассмотрен метод реализации бимпульсной гетеротермальной технологии (БИГ-технологии) с использованием упругих волн (акустоинтерференционный метод), в частности, его «+Z-модификация». Данная модификация предполагает использование температурной решетки, индуцированной волнами, интерферирующими на +Z-поверхности сегнетоэлектрика. Предложены варианты конструкций оборудования для реализации «+Z-модификации» акустоинтерференционного метода. Разработана модель проектирования оборудования, позволяющая оптимизировать основные технологические параметры. Оценены основные параметры применительно к с-ориентированным пленкам цирконата-титаната свинца. Показано, что использование акустоинтерференционного метода позволяет формировать регулярные доменные структуры в пленках указанного сегнетоэлектрика с рекордно малой продолжительностью технологического цикла $t_c \leq 17$ мкс. Ключевые слова: доменная инженерия, доменные структуры в сегнетоэлектриках, фотонные кристаллы, температурные решетки, бимпульсная гетеротермальная технология, акустоинтерференционный метод.

Акустическая кавитация, сонолюминесценция

См. **24.04-01.116, 24.04-01.122**

Ультразвуковая релаксация в газах, жидкостях и твердых телах

24.04-01.127 Структурные изменения в кремнии после ионного облучения и обработки ультразвуком. *Золн Д.А., Киселев А.Н., Перевощиков В.А., Филатов Д.О., Скунов В.Д. Вестник Нижегородского ун-та.*

2001, № 1, с. 131-137. Рус.

Методами селективного химического травления и атомно-силовой микроскопии исследовано влияние облучения ионами аргона и последующей жидкостной ультразвуковой обработки (УЗО) на микродефектную структуру и микроморфологию поверхности бездислокационных кристаллов кремния. Установлено, что сочетание таких воздействий снижает концентрацию микродефектов и неоднородность их распределения по объему кристалла, а при определенных режимах обработки и улучшает качество его поверхности.

24.04-01.128 Дифракция двухпараметрических кольцевых световых пучков на ультразвуке в кристаллах парателлурита. *Белый В.Н., Кулак Г.В., Тозик Л.А., Шакин О.В. Пробл. физ., мат. и техн. 2023, № 4, с. 11-15. Рус.*

Исследована брэгговская дифракция двухпараметрических кольцевых световых пучков на медленной сдвиговой ультразвуковой волне в кристаллах парателлурита. Показано, что имеет место эффективная перекачка энергии кольцевого пучка из нулевого в первый дифракционный порядок, причем более эффективный энергообмен дифрагированных световых пучков реализуется для циркулярно-поляризованных световых волн. Установлено, что взаимодействующие волны имеют форму кольцевых пучков, причем параметры дифрагированного пучка определяются параметром порядка и радиусом падающего пучка, а также мощностью ультразвука, длиной акустооптического взаимодействия и углом Брэгга.

Фононы в кристаллической решетке, квантовая акустика

См. 24.04-01.123

Плазменная акустика

24.04-01.129 Ионно-звуковые волны и левитация потока частиц в магнетронной плазме: кластеризация плазмы и «замороженные» колебания в пленках $\text{La}_0.7\text{Sr}_0.3\text{MnO}_{3-x}$. *Ожунев В.Д., Самойленко З.А., Николаенко Ю.М., Дьяченко Т.А., Корнеевец А.С., Бурховецкий В.В. Физика и техника высоких давлений. 2024, 34, № 4, с. 37-50. Рус.*

Изучены амплитудные и частотные зависимости ионно-звуковых колебаний в магнетронной плазме при импульсном распылении мишени $\text{La}_0.7\text{Sr}_0.3\text{MnO}_{3-x}$, а также структура, электронные и оптические свойства 36 образцов пленок, осажденных на стеклянные подложки, установленные вдоль потока частиц. Показано, что вблизи мишени кластеризация потока лимитируется левитацией атомных кластеров в пространстве, где сила всемирного тяготения уравновешивается силой взаимодействия заряженных частиц с электрическим полем. Результаты расчета критических размеров левитирующих атомных группировок согласуются с экспериментом. С удалением от мишени кластеризация потока определяется менее эффективными процессами взаимодействия ионов и атомных кластеров с ионно-звуковыми волнами. Показано, что связь между электрическими свойствами и структурой образцов качественно описывается в рамках модели локализации Лифшица. Установлена тесная связь между генерацией ионно-звуковых волн, левитацией частиц, кластеризацией плазмы и «замороженными» колебаниями в пленках.

Низкотемпературная акустика, звук в жидком гелии

См. 24.04-01.123

Акустика вязкоупругих материалов

См. 24.04-01.120

Наноакустика, акустика тонких пленок и капель с наночастицами

См. 24.04-01.103, 24.04-01.125, 24.04-01.126

Поверхностные волны в твердых телах и жидкостях

24.04-01.130 Концепция проектирования и оптимизации параметров приборов на поверхностных акустических волнах. *Койгеров А.С., Корляков А.В. Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2024, 27, № 1, с. 17-32. Рус.*

Введение. Полосовые фильтры (ПФ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ) используются в качестве устройств частотной селекции приемной и передающей радиоэлектронной аппаратуры. Среди множества требований к ПФ на ПАВ на первый план выходят как требования к качеству характеристик — уменьшение вносимых потерь, уменьшение неравномерности в полосе пропускания и т. д., так и требования по сокращению времени разработки фильтра. Сокращение времени разработки с одновременным снижением затрат на нее достигается за счет предварительного компьютерного моделирования. Указанная задача решается при комплексном подходе к построению системы автоматизированного проектирования с возможностью решения задач оптимизации с большим числом степеней свободы. Цель работы. Разработка концепции проектирования ПФ на ПАВ с помощью оптимизационных алгоритмов. Апробация работы по созданию реальных частотных фильтров на примере резонаторных фильтров с малыми потерями на вытекающих ПАВ. Материалы и методы. Теоретическая часть работы выполнена с применением методов статистического анализа, теории цепей и модели связанных мод. В ходе работы применялась математическая обработка и расчет в программе MATLAB. Результаты. Разработана концепция построения системы автоматизированного проектирования фильтров на ПАВ с заданными частотными характеристиками. Предложен оригинальный метод оптимизации элементов топологии ПФ на ПАВ для получения заданных частотных характеристик. В качестве апробации предложенного подхода рассчитан и изготовлен резонаторный фильтр на вытекающих ПАВ на 64° УХ-срезе ниобата лития. Заключение. Предложенный комплексный подход к проектированию ПФ на ПАВ позволяет быстро и относительно точно прогнозировать характеристики фильтра на стадии моделирования, что дает существенный выигрыш по сравнению с проведением многочисленных натурных экспериментальных исследований или численных исследований при наличии большого числа степеней свободы.

См. также 24.04-01.119

Акустоэлектроника

24.04-01.131 Диссипация энергии колебаний в соединении пьезокерамика-подложка. *Лунин В.С., Басараб М.А. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024, № 5, с. 1-7. Рус.*

Рассмотрены диссипативные процессы, протекающие в слое клея или припоя, соединяющего пьезодатчики и актюаторы с поверхностью механических резонаторов. Часть энергии колебаний резонатора теряется за счет объемного и термоупругого внутреннего трения в соединительном слое, что ухудшает характеристики приборов, основанных на таких резонаторах. Проанализировано влияние толщины соединительного слоя и свойств его материала на рассеяние энергии колебаний. Сделана сравнительная оценка внутреннего трения, вносимого в механический резонатор при креплении к нему пьезоэлементов с помощью клея и припоя, показано, что энергия, рассеянная в слое припоя превышает энергию, рассеянную в слое отвержденного эпоксидного клея в ~ 10 раз.

24.04-01.132 Исследование частотного диапазона работы пьезоэлектрического преобразователя акустооптического фильтра электрическим и оптическим методами. *Поликарпова Н.В., Пожар В.Э. Акустический журнал. 2024, 70, № 2, с. 186-192. Рус.*

Теоретически и экспериментально исследованы акустооптические характеристики кристалла парателлурита с углом среза $\alpha=10.2^\circ$. Кристалл использован в акустооптическом филь-

тре для обработки оптических изображений в видимом и инфракрасном свете. Экспериментально определен электрический диапазон перестройки фильтра на основе частотной зависимости мощности, поглощаемой пьезоэлектрическим преобразователем фильтра. Сделаны оценки диапазона настройки фильтра по оптическим длинам волн. На длинах волн света $\lambda=1,15$ и $\lambda=0,63$ мкм рассчитаны зависимости брэгговского угла падения от частоты ультразвука. При измерении эффективности дифракции в режиме работы дефлектора обнаружено, что диапазон перестройки фильтра по оптическим длинам волн оказывается отличным от предсказанного в результате измерения электрических характеристик преобразователя и становится уже.

24.04-01.133 Аналитическая углочастотная зависимость для акустооптического дефлектора, использующего секционированный излучатель ультразвука. *Никитин П.А. Автометрия.* 2024. 60, № 3, с. 48-54. Рус.

Акустооптические дефлекторы терагерцевого излучения, изготовленные на основе оптически изотропной среды, характеризуются низким числом разрешенных световых пятен. Существенного улучшения характеристик дефлектора можно добиться при использовании секционированного фазированного излучателя ультразвука. В работе впервые аналитически получена углочастотная зависимость для такого дефлектора, а также уточнено положение на ней рабочей точки с учётом влияния зазора между секциями излучателя ультразвука.

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

24.04-01.134 Акустическое воздействие на распространение бесселевых световых пучков в рассеивающих средах. *Белый В.Н., Казак Н.С., Ропот П.И., Хило Н.А. Оптический журнал.* 2024. 91, № 7, с. 5-12. Рус.

Предмет исследования. Распространение бесселевых световых пучков в рассеивающих средах в условиях акустического воздействия. Цель работы. Подавление спекл-структуры («проектирование» рассеивающей среды) в бесселевых световых пучках, распространяющихся в рассеивающей среде, при определенном акустическом воздействии на данную среду. Метод. Подавление спекл-структуры путем создания множества статистически независимых реализаций поля за счет акустического воздействия на рассеивающую среду. Основные результаты. Исследовано влияние свойств рассеивающей среды и параметров акустического воздействия на эффект просветления. Предложено теоретическое обоснование возможности проявления указанного эффекта. Оно исходит из наличия в поле бесселева светового пучка, распространяющегося в рассеивающей среде, когерентной компоненты и аддитивного шума. При этом когерентная компонента возникает вследствие эффекта самореконструкции бесселева светового пучка. Показано, что подавление спекл-структуры достигается при таких условиях акустического воздействия, когда за время регистрации изображения реализуется максимальное число статистически независимых состояний спекл-поля. Тем самым продемонстрировано, что и импульсное, и непрерывное акустические воздействия могут быть эффективным методом подавления шумовой компоненты в бесселевом световом пучке. представлены результаты экспериментального исследования эффекта просветления в условиях распространения бесселевых световых пучков в жидких рассеивающих средах. Практическая значимость. Обнаруженный эффект акустически индуцированного просветления рассеивающих сред представляет практический интерес для передачи через них оптических изображений, для увеличения глубины томографического видения, а также для оптической связи в открытом пространстве.

24.04-01.135 Метод автоматизированной оценки эффективности средств повышения сохранности плодов с помощью акустооптического видеоспектрометра. *Баташова С.С., Золотухина А.А., Гурьева А.В., Платонова Н.Б., Кунина В.А. Оптический журнал.* 2024. 91, № 7, с. 25-36. Рус.

Предмет исследования. Методы и алгоритмы регистрации, обработки и интерпретации спектральных изображений для задач оценки поверхностных дефектов плодов. Цель работы. Разработка метода оценки эффективности технологий повышения сохранности плодов на основе автоматического выявления и количественной оценки их поверхностных дефектов средствами видеоспектрометрии. Метод. Регистрация спектральных изображений осуществлена акустооптическим видеоспектрометром с рабочим спектральным диапазоном 450–850 нм (ширина полосы пропускания 2,5 нм на длине волны 650 нм) с шагом 5 нм. Для обработки спектральных изображений применены широко апробированные операции и алгоритмы улучшения и анализа данных, в том числе коррекция неравномерности освещенности, пространственной и спектральной неоднородности коэффициента пропускания оптической системы, различные типы фильтрации изображений, пороговая бинаризация, морфологические операции и классификация объектов по спектральным признакам. Апробация предложенного подхода проведена в экспериментальном исследовании по оценке эффективности продления сохранности плодов персика и нектарина с помощью обработки ингибирующим выработку этилена препаратом. Основные результаты. Разработана методика регистрации и обработки спектральных изображений, позволяющая в автоматическом режиме обнаруживать и количественно характеризовать поверхностные дефекты плодов. Введен оценочный параметр, определяемый как отношение площади дефекта к общей площади поверхности плода и обеспечивающий сопоставление различных вариантов эксперимента. Апробация подхода показала возможность автоматизированного определения дефектов плода с относительной погрешностью 11%. Практическая значимость. Разработанные алгоритмы обработки данных обеспечивают возможность проведения регулярной диагностики образцов и выявления дефектов на ранних стадиях. Методика регистрации и обработки спектральных изображений может быть распространена на приборы, построенные на других физических принципах получения пространственного распределения спектральных характеристик объектов. Разработанное решение пригодно для дополнения существующих методов оценки технологий продления сохранности плодов и способствует внедрению видеоспектрометрических приборов в рутинную практику агропромышленного комплекса.

24.04-01.136 Видеоспектрометр ближнего инфракрасного диапазона с использованием двойного акустооптического фильтра. *Баландин И.А., Шарикова М.О., Батшеев В.И., Варнаевская Д.В., Козлов А.Б. Оптический журнал.* 2024. 91, № 7, с. 37-44. Рус.

Предмет исследования. Методы расчета оптических схем акустооптических видеоспектрометров для прикладных задач. Цель работы. Разработка видеоспектрометра с двойной акустооптической фильтрацией излучения в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн 0,85–1,6 мкм. Метод. Расчет оптической системы видеоспектрометра выполнен в системе автоматизированного проектирования ZEMAX с использованием оригинального программного модуля. Подтверждение результатов моделирования выполнено экспериментально. Основные результаты. Разработан и изготовлен акустооптический видеоспектрометр ближнего инфракрасного диапазона спектра (0,85–1,6 мкм). В приборе использован сенсор InGaAs и реализована двойная акустооптическая фильтрация с целью повышения пространственного и спектрального разрешений. Благодаря использованию афокальной оптической системы на входе угловое поле составляет $8 \times 12^\circ$. Прибор позволяет получать спектральные изображения объектов, расположенных на дистанции съемки от 1 м и более, и обеспечивает пространственное разрешение около 200×150 разрешимых элементов в пределах поля зрения. Ширина спектральной полосы пропускания составляет 12 нм (на длине волны 1,06 мкм). Практическая значимость. Видеоспектрометр разработан для сельскохозяйственных приложений, однако данный класс приборов находит широкое применение во множестве других задач: в дистанционном зондировании, для биомедицинской диагностики, в неразрушающем контроле технических объектов.

24.04-01.137 Разработка макета акустооптического стереоскопического видеоспектрометра. *Батшеев В.И.,*

Кананыхин О.А., Пожар В.Э., Мартынов П.С. *Оптический журнал*. 2024. 91, № 7, с. 45-50. Рус.

Предмет исследования. Устройство для стереоскопической визуализации объектов в различных спектральных интервалах. Цель работы. Разработка макета стереоскопического спектрометра на основе перестраиваемого акустооптического фильтра. Метод. Реализована оригинальная симметричная схема фильтрации двух световых пучков (стереопары) в одной акустооптической ячейке с разведением пучков в азимутальной плоскости. Основные результаты. Собран макет устройства в виде экспериментального стенда, содержащего акустооптический фильтр, призмочно-линзовую оптическую систему и видеокамеру с объективом. Получены изображения тест-объектов, демонстрирующие спектральную чувствительность устройства. Практическая значимость. Макет разработанного стереоспектрометра, способный одновременного получать пространственную и спектральную информацию об объекте, может стать прототипом прибора для решения разнообразных задач машинного зрения, в том числе во внелабораторной обстановке.

24.04-01.138 Оптическая система для эффективной перестраиваемой акустооптической фильтрации неполяризованного излучения суперконтинуума. *Сударев А.А., Польщикова О.В., Зотов К.В.* *Оптический журнал*. 2024. 91, № 7, с. 80-88. Рус.

Предмет исследования. Пропускание и мощность излучения на выходе системы перестраиваемой акустооптической фильтрации неполяризованного излучения суперконтинуума. Цель работы. Разработка компактной высокоэффективной оптической системы для объединения ± 1 -х порядков дифракции перестраиваемого акустооптического фильтра для фильтрации неполяризованного излучения суперконтинуума. Метод. Предложен способ объединения двух порядков дифракции акустооптического фильтра на основе разветвленного многомодового оптического волокна, используемого в системах накачки волоконных лазеров, и клиньев-компенсаторов хроматического сдвига. Оптическая система смоделирована и экспериментально апробирована. В ходе эксперимента минимизирована вероятность влияния нестабильности излучения и засветки на результат измерений. Основные результаты. Исследована эффективность предложенной оптической системы фильтрации неполяризованного излучения суперконтинуума в широком спектральном диапазоне. Она позволяет увеличить мощность излучения на выходе акустооптического фильтра в 2,2 раза по сравнению с использованием одного порядка дифракции в схеме с линейным поляризатором. Пропускание оптической системы для объединения дифракционных порядков фильтра составило 78%. Практическая значимость. Представленная оптическая система может быть использована в качестве осветительной в различных приложениях, где требуется перестраиваемая спектральная фильтрация излучения в широком диапазоне с минимально допустимыми потерями мощности и поляризационного состава излучения. Оптическая система является компактной и простой в юстировке. Она может быть использована совместно с мультисигментным режимом работы акустооптического фильтра для фильтрации излучения сложного спектрального состава, например, для задач колориметрии.

24.04-01.139 Исследование характеристик поглотителя в акустооптических ячейках. *Титов С.А., Пожар В.Э., Шарикова М.О., Давыдова Е.А.* *Оптический журнал*. 2024. 91, № 7, с. 99-108. Рус.

Предмет исследования. Эффективность поглотителя s-поляризованных поперечных ультразвуковых волн. Цель работы. Определение структуры акустического поля в акустооптических устройствах. Разработка методики оценки эффективности и качества ультразвуковых поглотителей акустооптических приборов, основанной на анализе эхо-импульсных ультразвуковых сигналов. Метод. Использование рассеяния на поверхности для определения степени поглощения/отражения ультразвука. Основные результаты. Разработан метод определения качества наносимого поглощающего покрытия. Практическая значимость. Метод дополняет комплекс ранее разработанных методов определения структуры акустической брэгговской дифракционной решетки, определяющей характеристики акустооптических устройств.

24.04-01.140 Исследование стабильности свойств акустооптических преобразователей на основе пленок поливинилиденфторида при воздействии внешних факторов. *Осипков А.С., Макеев М.О., Солодиков В.И., Моисеев К.М., Мишалев П.А., Макарова К.Т., Еманов Д.П., Паршин Б.А., Хромова М.А.* *Оптический журнал*. 2024. 91, № 7, с. 109-120. Рус.

Предмет исследования. Акустооптический преобразователь на основе пленки поливинилиденфторида с нанесенными на обе ее поверхности прозрачными электродами из оксида индия-олова. Цель работы. Определение стабильности механических, пьезоэлектрических и оптических свойств акустооптических преобразователей на основе пленки поливинилиденфторида с нанесенными на обе ее поверхности прозрачными электродами из оксида индия-олова при ее изготовлении и эксплуатации в условиях воздействия пониженной и повышенной температур. Метод. Измерение механических характеристик образцов при растяжении в двух направлениях вытяжки (вдоль и поперек направления вытяжки полимерной пленки) при комнатной температуре. Исследование методом динамического механического анализа в температурном диапазоне от 30 до 180°C. Измерение пьезоэлектрического коэффициента d_{33} при температурном воздействии в диапазоне от -40 до $+80$ °C методом, основанным на измерении индуцируемого заряда на поверхности электродов, сгенерированного импульсным силовым воздействием при падении шарика. Измерение коэффициента пропускания в видимом диапазоне длин волн от 380 до 780 нм и расчет коэффициента светопропускания. Основные результаты. Собран экспериментальный стенд, позволяющий проводить измерение пьезоэлектрического коэффициента d_{33} в широком диапазоне температур. Получены результаты механических испытаний при статическом и динамическом нагружении пленки поливинилиденфторида до и после нанесения электродов из оксида индия-олова. Определены температурные зависимости коэффициента d_{33} такой структуры в диапазоне температур от -40 до $+80$ °C, а также приведены результаты измерения оптических свойств образцов после воздействия пониженной и повышенной температур. Практическая значимость. На основе полученных зависимостей выработаны рекомендации к условиям эксплуатации и хранения акустооптических устройств на основе исследуемых структур, а также технологическим режимам их изготовления.

24.04-01.141 Анализ колебательного процесса внутри акустической интерференционной антенны с помощью метода реверберационной матрицы. *Субботкин А.О.* *Акустический журнал*. 2024. 70, № 1, с. 126-140. Рус.

Представленное в настоящей статье теоретическое исследование процесса формирования звукового поля в акустической интерференционной антенне мотивировано анализом физического принципа работы остронаправленного интерференционного микрофона. Одной из задач работы является определение звукового давления, воздействующего на мембрану микрофона внутри антенны. Анализ звукового поля внутри интерференционной антенны проводится с помощью матричного метода, схожего с методом реверберационной матрицы. Решение формально представляется в виде ряда Шварцшильда. Результат расчета по представленному методу хорошо совпадает с экспериментальными данными.

24.04-01.142 Исследование качества термодиффузионной сварки кристаллов в дисковом оптическом элементе оптоакустическим методом. *Казаков В.В., Мухин И.Б., Курников А.А., Субочев П.В.* *Акустический журнал*. 2024. 70, № 2, с. 273-282. Рус.

Оптоакустическим методом исследована возможность оценки качества термодиффузионной сварки двух кристаллов иттрий алюминиевого граната в композитном оптическом диске. Для получения акустических изображений термодиффузионной сварки использовалось сканирование над поверхностью диска оптоакустического датчика, соединенного с импульсным лазером (длина волны 532 нм, длительность импульса 10 нс) оптоволоконном. Синхронно с перемещением датчика на площади 16×16 мм с шагом 0.1 мм происходила регистрация ультразвуковых импульсов в диапазоне частот до 80 МГц. Использо-

валось два режима ультразвуковой локации: на отражение и на просвет. Проведена диагностика двух композитных дисков диаметром 15 мм с различным качеством термодиффузионной сварки. Обсуждается возможность количественного определения качества диффузионного слоя оптоакустическим методом для объективного сравнения дисков. Полученные данные подтверждены результатами измерений методом оптических проекций.

24.04-01.143 Дифракция смещенных гауссовых световых пучков на ультразвуке в кристаллах парателлурита. Кулак Г.В., Ропот П.И., Шакин О.В. *Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук.* 2024. 60, № 2, с. 146-152. Рус.

Исследована брэгговская дифракция смещенных гауссовых световых пучков на медленной сдвиговой ультразвуковой волне в кристаллах парателлурита, в которых осуществляется эффективная перекачка энергии пучка из нулевого дифракционного порядка в первый. Установлено, что для оптимизации энергообмена дифрагированных световых пучков в рассматриваемой геометрии акустооптического взаимодействия необходимо использовать циркулярно-поляризованные световые пучки. Показано, что дифрагированные пучки имеют форму смещенных гауссовых пучков, пространственная структура которых определяется параметром смещения падающего пучка и мощностью ультразвука.

24.04-01.144 Структура и свойства поверхностного слоя TiNi-сплава, подвергнутого ионно-плазменной и ультразвуковой обработке. Рубаник В.В., Багрец Д.А., Рубаник В.В., Урбан В.И. *Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2024. 69, № 2, с. 95-105. Рус.

Проведено исследование морфологии, элементного состава, микротвердости и коррозионных свойств поверхностного слоя сплава TiNi после комбинированной обработки, которая включала ионно-плазменное (вакуумно-дуговым методом) осаждение TiN-покрытия и ультразвуковую обработку (УЗО) с различным количеством проходов (n). С использованием сканирующей электронной микроскопии установлено, что ультразвуковая обработка способствует существенно снижению количества капельной фазы на поверхности TiN-покрытия, однако с увеличением числа проходов при УЗО наблюдается нарушение сплошности TiN-покрытия в локальных точках. Исследовано влияние комбинированной обработки образцов TiNi на микротвердость и выявлен синергетический эффект двух упрочняющих технологий, который заключается в увеличении микротвердости сплава TiNi (1,6 ГПа в режиме поставки): за счет осаждения TiN-покрытия — до 10,9 ГПа, за счет последующей УЗО — от 14,5 до 18,4 ГПа в зависимости от количества проходов. Установлено, что для схемы УЗО+TiN величина потенциала коррозии E_{corr} практически не зависит от числа проходов, составляет порядка -250 мВ и определяется величиной потенциала TiN-покрытия. Для схемы TiN+УЗО выявлено, что с увеличением числа проходов величина E_{corr} смещается в сторону более отрицательных значений, приближаясь к значению потенциала коррозии TiNi в состоянии поставки (-350 мВ). С использованием метода сканирующего вибрирующего зонда (SVET) для образцов, подвергнутых обработке УЗО+TiN и TiN+УЗО ($n=1$), выявлена высокая электрохимическая совместимость материалов основы (TiNi) и покрытия (TiN) в хлоридной среде с минимальными флуктуациями плотности тока. На основании полученных экспериментальных данных предложен технологический процесс обработки сплава TiNi по схеме TiN+УЗО ($n=1$), позволяющий достичь синергетического эффекта упрочнения поверхностного слоя сплава TiNi в сочетании с высокими коррозионными свойствами и улучшенной морфологией поверхности.

См. также **24.04-01.132**, **24.04-01.133**

Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

24.04-01.145 Корреляционные измерения теплового акустического излучения решеткой датчиков. Аносов А.А., Грановский Н.В., Беляев Р.В., Ерофеев А.В.,

Санин А.Г., Мансфельд А.Д. *Акустический журнал.* 2024. 70, № 1, с. 21-28. Рус.

Для корреляционного измерения теплового акустического излучения использована решетка, состоящая из трех датчиков. Впервые получены все кросс-корреляционные функции для каждой пары датчиков. Измерения проведены при двух положениях источника (нагретого узкого тефлонового цилиндра), расстояние между которыми было равно половине пространственного периода кросс-корреляционной функции соседних датчиков. Измеренные корреляционные функции находились в противофазе, что соответствует рассчитанным корреляционным функциям теплового акустического излучения. Для перехода от корреляционных функций к температурному распределению суммированы пространственные кросс-корреляционные функции для соседних и для крайних датчиков в решетке. Корреляционный прием позволяет существенно повысить пространственное разрешение метода.

Другие физические эффекты в акустических полях

24.04-01.146 Моделирование ультразвуковых инструментов для раскрытия сотовых панелей из алюминия и арамида (кевлара). Вьюгинова А.А., Вьюгинов С.Н., Новик А.А. *Акустический журнал.* 2024. 70, № 1, с. 120-125. Рус.

Сотовые панели из алюминия и композиционных материалов — арамида, или кевлара, широко используются в авиационной, космической, автомобильной и других областях, благодаря своим уникальным характеристикам. Высокой прочности и жесткости, низкой плотности и хорошим теплоизоляционным свойствам. При этом механическая обработка изделий из сотовых материалов сопряжена с рядом трудностей, и одной из технологий, позволяющих эффективно решать задачи раскрытия изделий из сотовых материалов, является ультразвуковая резка. В данной работе с помощью метода конечных элементов исследуются необходимые для проектирования частотные свойства инструментов для ультразвуковой резки изделий из сотовых материалов с рабочими частотами около 20 кГц с различными геометрическими параметрами для реализации раскрытия различных вариантов сотовых конструкций. Приведены результаты анализа зависимостей волновых размеров специализированных треугольных и дисковых ультразвуковых инструментов от особенностей геометрии, представлены экспериментальные результаты для ряда разработанных вариантов.

См. также **24.04-01.124**

Химические процессы и фазовые переходы при воздействии ультразвука

См. **24.04-01.125**, **24.04-01.126**, **24.04-01.127**

Источники ультра- и гиперзвука, аппаратура и методы измерений

24.04-01.147 Определение эксплуатационных параметров ультразвуковых колебательных систем интегральным методом свободных колебаний. Степаненко Д.А., Бунчук К.А. *Теоретическая и прикладная механика.* 2022, № 37, с. 45-53. Рус.

С учетом широкого применения ультразвуковой техники и технологии в инженерии, медицине, научных исследованиях и других сферах деятельности человека важными научно-практическими задачами являются разработка и совершенствование экспериментальных и теоретических методов определения эксплуатационных параметров ультразвуковых колебательных систем (УЗКС). Основными характеристиками УЗКС, которые необходимо учитывать при разработке и эксплуатации, являются собственные частоты колебаний и механическая добротность. Собственные частоты выбираются с учетом области применения УЗКС и требований к габаритным размерам, в частности, при разработке УЗКС для применения в хирургии правильный выбор рабочей частоты позволяет обес-

печить селективность рассеяния биологических тканей в ходе операции, например, обеспечить рассеяние костной ткани при сохранении целостности нервных и сосудистых структур. Повышение собственных частот позволяет снизить габаритные размеры УЗКС, что важно для практических приложений, требующих миниатюризации инструмента, таких как микрохирургия и сварка компонентов изделий микроэлектронной техники. Механическая добротность характеризует потери энергии в УЗКС, в частности, потери, связанные с тепловыделением в результате внутреннего трения: для достижения максимального КПД УЗКС должна обладать высокой механической добротностью. Механическая добротность связана с шириной резонансных пиков амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) УЗКС, что позволяет определять ее путем анализа АЧХ, полученной экспериментальным или расчетным путем. Увеличение механической добротности приводит к обратно-пропорциональному уменьшению ширины пиков АЧХ.

24.04-01.148 Ультразвуковой программно-аппаратный комплекс учета пассажиров общественного транспорта. Зуев А.С., Файчук Д.В. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2019. 7, № 6, с. 25-43. Рус.

Приведено описание разработанного авторами бортового бесконтактного программно-аппаратного комплекса учета пассажиров общественного транспорта, позволяющего в режиме реального времени: фиксировать показания ультразвукового дальномера о движении объектов на вход и выход через дверной проем; обрабатывать полученные наборы значений и определять численность вошедших и вышедших людей на остановках; отправлять данные через штатные модули связи транспортного средства с целью формирования информационного обеспечения специализированных сервисов мониторинга пассажиропотоков и движения общественного транспорта, а также решения соответствующих задач предиктивной аналитики. Выполнен обзор существующих аналогов, основанных на применении лазерных датчиков, тепловизоров, технологий компьютерного зрения и элементов регистрации воздействий на пол, выделены как их преимущества, так и недостатки, ограничивающие массовое применение. Для предложенного программно-аппаратного комплекса приведены: результаты сравнения с аналогами и обоснование возможностей внедрения на пассажирском транспорте; описание аппаратной составляющей — состава основных использованных комплектующих (контроллер STM32, ультразвуковой дальномер, инфракрасный дальномер); методы обработки показаний ультразвукового дальномера с целью определения численности вошедших и вышедших пассажиров, в том числе в условиях их скопления по обе стороны дверного проема и чередования движений на вход и выход группами и по одиночке; варианты исполнения модулей по форм-фактору корпуса, а также по составам и количеству используемых комплектующих; варианты комплектования модулями и описания схем их установки в соответствии с особенностями задач его применения для контроля дверных проемов различной, в том числе произвольной ширины.

24.04-01.149 Рентгенодифракционные и электронно-микроскопические исследования металлооксидных пленок ZnO(S), полученных методом ультразвукового спрей-пиролиза. Зайнабидинов С.З., Юлдашев Ш.У., Бобоев А.Й., Юнусалиев Н.Ю. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки.* 2024, № 1, с. 78-92. Рус.

Получены образцы тонких пленок ZnO(S) толщиной примерно 400 нм, напыленных на кремниевую подложку методом ультразвукового спрей-пиролиза. Пленки имеют кристаллографическую ориентацию (001) со значениями параметров решетки $a=b=0,3265$ нм и $c=0,5212$ нм. Нанокристаллиты $ZnO_{1-x}S_x$ на поверхности пленки имеют характерные размеры в пределах 50—200 нм. Экспериментально определен параметр решетки нанокристаллитов: 0,7598 нм. Установлено уменьшение параметров решетки пленки ZnO и геометрических размеров нанокристаллитов на поверхности пленки под влиянием γ -облучения. Определено, что кристаллическое строение нанокристаллитов соответствует кубической решетке и принадлежит пространственной группе F43m с параметром решетки 0,7692 нм. По дан-

ым сканирующей электронной микроскопии, диаметр нанокристаллитов составляет 50—200 нм, нанокристаллиты растут перпендикулярно к подложке вдоль оси z с кристаллографической ориентацией (111). Установлено, что влияние γ -облучения дозой $5 \cdot 10^6$ рад позволяет уменьшить размеры нанокристаллитов и приводит к изменению их плотности и геометрической формы.

24.04-01.150 Оптимизация расположения и размеров источников ультразвукового воздействия при возбуждении колебаний плоского физического объекта конечной толщины. Хмелев В.Н., Голья Р.Н., Цыганок С.Н., Барсуков А.Р. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки.* 2024, № 3, с. 133-148. Рус.

Приведенные результаты исследований направлены на повышение эффективности процессов, реализуемых в тонких слоях различных материалов, которые созданы на пластинах (при поглощении газов жидкостями, диспергировании жидкостей, отводе теплоты, сушке формируемых покрытий, удалении льда и инородных покрытий), за счет формирования колебаний их поверхности на ультразвуковой частоте с заданной амплитудой. Для достижения необходимой амплитуды колебаний пластин и обеспечения равномерности ее распределения вдоль поверхности предложено оптимальное размещение ультразвуковых излучателей определенного размера. В качестве критерия оптимальности использована интегральная мощность колебаний всей пластины, формируемая определенным числом излучателей. Предложенная и разработанная численная модель формирования колебаний в пластине основана на решении би-гармонического уравнения для распределения амплитуд колебаний с учетом конечности ее толщины и обеспечивает выбор числа, расположения и размеров ультразвуковых излучателей, необходимых для решения конкретной задачи. Результаты моделирования позволили установить, что оптимальное расположение излучателей зависит от специфических характеристик, которые необходимо учитывать при решении задачи оптимизации размеров и расположения ультразвуковых излучателей для каждой конкретной пластины. Проведенные расчеты показали высокую эффективность созданной модели и возможность ее практического применения для решения задач в различных отраслях промышленности.

См. также **24.04-01.133**

Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

24.04-01.151 Исследование структурных свойств стеклопластиковых материалов конструкций летательных аппаратов ультразвуковым методом. Чулков Д.И. *Южно-Сибирский научный вестник.* 2024, № 2, с. 40-45. Рус.

Представлены результаты экспериментального исследования на образцах из стеклопластиков на основе эпоксидного и фенолоформальдегидного связующих взаимосвязи между содержанием связующего, плотностью и скоростью ультразвуковых волн, распространяющихся в направлении нормали к плоскости армирования стеклопластика. Приведены описание характера зависимостей между исследуемыми параметрами и рекомендации по разработки способов их контроля применительно к сложнопольным разнотолщинным изделиям из стеклопластика. Ключевые слова: неразрушающий ультразвуковой контроль, стеклопластик, содержание связующего, плотность.

24.04-01.152 Моделирование процесса возникновения волн на межфазной границе "газ—жидкость" при создании акустических возмущений давления в газовой фазе. Смигин А.Н., Голья Р.Н., Барсуков А.Р. *Южно-Сибирский научный вестник.* 2024, № 2, с. 69-73. Рус.

Предложенная модель формирования акустических капиллярных волн на межфазной границе раздела позволяет учесть влияние вязкости, поверхностного натяжения и инерции жидкости на возмущения межфазной границы. Эта модель основана на инициировании колебательного пространственно неоднородного гармонического возмущения давления среды. Исследования показали, что вязкость слабо влияет на резонансную длину волн. Это значит, что изменение вязкости жидко-

сти не приводит к значительному изменению скорости физико-химических процессов, включая поглощение CO₂ из атмосферы. Однако при определенных значениях вязкости в диапазоне от 25 до 40 мПа·с резонанс пропадает, что может указывать на изменение условий поглощения CO₂. Таким образом, предложенная модель может быть использована для оценки площади межфазной поверхности и, в конечном итоге, скорости физико-химических процессов, включая поглощение CO₂ из атмосферы. Это позволяет более точно определить скорость этих процессов и разработать эффективные методы и технологии для улавливания и снижения выбросов парниковых газов. Ключевые слова: ультразвук, моделирование, межфазная граница «газ—жидкость».

24.04-01.153 Выявление и исследование механизма удаления влаги из материалов при ультразвуковым бесконтактном воздействии. Хмелёв В.Н., Шалунов А.В., Терентьев С.А., Гольях Р.Н., Нестеров В.А. *Инженерно-физический журнал*. 2024. 97, № 4, с. 939-950. Рус.

Статья посвящена изучению процесса удаления влаги из капиллярно-пористых материалов за счет ее диспергирования при схлопывании кавитационных пузырьков цилиндрической формы, формируемых в капиллярах материала при ультразвуковом (УЗ) воздействии. Предложена и разработана модель, позволяющая объяснить механизм диспергирования при реализации жизненного цикла пузырька в капилляре — медленного роста, быстрого расширения с деформацией и последующим схлопыванием. Теоретически определен диапазон уровней звукового давления, при котором начинается диспергирование (от 150 дБ) до уровня, при котором пузырьки достигают размера капилляра и рост производительности сушки прекращается (170 дБ). Показано также, что для максимальной эффективности удаления влаги размер обезвоживаемого образца должен соответствовать длине УЗ волны в воздухе. Экспериментально подтвержден механизм УЗ диспергирования жидкости при сушке и установлено, что для сокращения времени сушки более чем на 40% необходимо воздействие с уровнем в диапазоне 165—170 дБ, а высушиваемые материалы должны размещаться в виде частиц или слоев, имеющих размеры или толщины, соответствующие длине УЗ волны. Практическая реализация УЗ сушки на примере пищевых продуктов (красной свеклы) подтвердила эффективность реализации предложенного механизма и обеспечила сокращение времени сушки в 1.9 раза при снижении энергозатрат в 1.6 раза.

24.04-01.154 Мониторинг внутренней температуры активных элементов мощных лазеров методом ультразвуковой локация. Мансфельд А.Д., Беляев Р.В., Волков Г.П., Кузьмин А.А., Санин А.Г., Шайкин А.А. *Акустический журнал*. 2024. 70, № 1, с. 57-64. Рус.

Контроль внутренней температуры активных элементов (АЭ) мощных лазеров необходим для их безопасной работы. В статье описана методика и устройство для мониторинга внутренней температуры АЭ лазеров. Измерения основаны на импульсном ультразвуковом (УЗ) зондировании и зависимости от температуры скорости звука в материале АЭ. Изменение скорости звука приводит к изменению фазы УЗ сигнала, прошедшего через объект, которое регистрируется описываемым устройством. Представлены результаты мониторинга температуры АЭ с помощью ультразвукового зондирования в процессе работы дей-

ствующей лазерной установки.

24.04-01.155 Автоматизированная система ультразвукового бесконтактного неразрушающего контроля качества композитных изделий с поверхностью сложной формы. Будадин О.Н., Разин А.Ф., Пичугин А.Н., Анискович В.А., Борисенко В.В., Богачев А.С., Рыков А.Н. *Контроль. Диагностика*. 2024. 27, № 7, с. 16-23. Рус.

Описана разработанная и сданная в промышленную эксплуатацию универсальная автоматизированная система ультразвукового бесконтактного контроля сложнопрофильных изделий из композитных материалов. Экспериментальные исследования и результаты промышленной эксплуатации наглядно показали, что разработанные автоматизированная система контроля и алгоритм обработки информации обеспечивают заданную достоверность выявления дефектов в изделиях, при этом осуществляется: автоматическая адаптация системы контроля к изделиям с произвольной формой поверхности путем ее настройки по 3D-модели изделия, закладываемой в систему управления, что позволяет значительно расширить номенклатуру контролируемых изделий без существенной доработки системы контроля; повышение помехозащищенности и обнаружение дефектов по адаптивным алгоритмам с заданной погрешностью с применением специальных алгоритмов обработки сигналов; автоматический контроль изделий со сложной формой поверхности с изменением режимов контроля; автоматизированная регистрация выявленных дефектов на поверхности контролируемого изделия.

24.04-01.156 Влияние электрофизических воздействий на изгибную прочность отвержденного монослоя, сформированного из препрега, армированного непрерывным углеродным волокном, путем трехмерной печати. Злобина И.В., Бекренев Н.В., Егоров А.С., Чуриков Д.О. *Материаловедение*. 2024, № 8, с. 30-39. Рус.

Исследовано влияние ультразвуковой и СВЧ-обработки монослоя, сформированного путем трехмерной печати из препрегов, армированных непрерывным углеродным волокном, на его прочность при трехточечном изгибе. Получены эмпирические зависимости деформация—напряжение, с высокой точностью аппроксимированные степенными функциями. Установлено, что электрофизическое воздействие как высоких, так и сверхвысоких частот способствует увеличению напряжений в образцах при их изгибе. При этом наибольшая эффективность (увеличение на 54—72%) отмечается при малых деформациях для образцов, подвергнутых воздействию СВЧ электромагнитного поля, в том числе после предварительной ультразвуковой обработки. С увеличением величины деформации эффективность данного метода снижается. Эффект воздействия ультразвука проявляется в значительно меньшей степени и составляет от 8 до 15%, причем повышается с увеличением деформации. Показано, что причиной увеличения изгибной прочности композитных препрегов является повышение равномерности структуры связующего и его плотности, а также «залечивание» макродефектов в виде несплошностей, присутствующих аддитивным технологиям формообразования, что способствует увеличению количества армирующих волокон, вовлеченных в процесс восприятия нагрузки.

См. также 24.04-01.30, 24.04-01.52, 24.04-01.71, 24.04-01.142, 24.04-01.148

Акустика океана, гидроакустика

Звук в глубоком море, подводный звуковой канал

24.04-01.157 Анализ искажений высокочастотных импульсных акустических сигналов с линейной частотной модуляцией в гидроакустическом канале связи. Денисов В.Е. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2016.

4, № 1, с. 34-41. Рус.

Рассматриваются искажения высокочастотных акустических импульсов с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) в гидроакустическом канале связи, обусловленные неравномерностью частотной характеристики затухания морской среды. Рассмотрены импульсы с прямоугольной, синусоидальной и типа «приподнятый косинус» огибающими. Ключевые слова: акустический импульс, девиация частоты, огибающая, гидроакустический канал связи, характеристика затухания морской среды,

колебательная часть, аperiodическая часть, предвестник, след, фазовая модуляция, амплитудная модуляция.

24.04-01.158 Интерференционные инварианты в максимумах гидроакустического поля в глубоком море. *Аксенов С.П., Кузнецов Г.Н. Акустический журнал.* 2024. 70, № 1, с. 65-76. Рус.

Интерференционный инвариант (ИИ) Чупрова хорошо описывает свойства звукового поля в мелком море. Но вопрос — насколько концепция ИИ Чупрова применима к глубокому морю, где закономерности спада звукового поля с расстоянием более сложны, — изучен недостаточно. В связи с этим в статье изучены свойства ИИ в ближней и дальней зонах акустической освещенности, а также в зоне тени. Предложено и исследовано новое определение инварианта, проведено сравнение его характеристик с ИИ Чупрова в зависимости от расстояния, глубины приема и излучения, летних или зимних условий распространения. Новый инвариант назван фазо-энергетическим (ФЭИ), поскольку для описания распределения звуковой энергии в пространстве используются ортогональные компоненты градиента фазы. Показаны устойчивость нового инварианта, его независимость от различных влияющих факторов и закономерное изменение с расстоянием в пределах от нуля до единицы. Установлено, что при зимних условиях практически на всех расстояниях ФЭИ равен единице, а ИИ не имеет стабильных значений и изменяется скачками в очень широких пределах. При летних условиях в зоне тени ФЭИ при увеличении расстояния возрастает, как и ИИ, от значений, близких к нулю, до единицы. В ближней и дальней зонах акустической освещенности ФЭИ примерно равен единице, а ИИ в этих зонах как летом, так и зимой характеризуется неограниченными осцилляциями, к которым приводит деление на величину, близкую к нулю. Показано, что определение ФЭИ справедливо и в одномодовых волноводах, и в свободном неограниченном пространстве с диспергирующей средой.

24.04-01.159 Пространственная локализация источника звука методом консолидированной обработки сигнала при изменчивости поля скорости звука в океане. *Консон А.Д., Волкова А.А. Гидроакустика.* 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.

Рассмотрен метод пространственной локализации источника шумового широкополосного сигнала в океане с использованием вертикально развитой многоэлементной антенны. Предлагаемый метод обеспечивает когерентное сложение всех лучей, прошедших на апертуру антенны в вертикальной плоскости. Данный метод назван «методом консолидированной обработки сигнала» (от лат. consolidatus — объединить в одно тело). В работе с использованием компьютерного моделирования исследована потенциальная точность метода консолидированной обработки, когда заданные в модели прогнозные условия распространения звука отличаются от реальных. Исследованы условия применения метода при детерминированных и случайных отклонениях реального распределения скорости звука по глубине от прогнозируемого при реализации метода. В результате таких исследований определены условия, допускающие применение метода консолидированной обработки сигнала для пространственной локализации источника шумового сигнала. Возможность решения задачи пространственной локализации источника сохраняется, когда абсолютное значение смещения скорости звука у поверхности для всех вариантов опорного распределения скорости звука достигает 8 м/с. Ключевые слова: гидроакустика, шумопеленгование, оперативная оценка параметров среды, поле скорости звука, пространственная локализация источника звука, расстояние, глубина погружения.

См. также **24.04-01.34**, **24.04-01.46**

Акустика мелкого моря

24.04-01.160 Классическая и волновая динамика длинных нелинейных волн, локализованных в окрестности пологих берегов. *Вотьякова М.М., Доброхотов С.Ю., Миненков Д.С. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2024. 327, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4433>. Рус.

В работах С.Ю. Доброхотов, В.Е. Назайкинский, А.В. Цветкова, Труды МИАН, 2023 и S.Yu. Dobrokhotoov, D.S. Minenkov, M.M. Votjakova, Russ. J. Math. Phys., 2024 построены асимптотические решения нелинейной системы уравнений мелкой воды, соответствующие береговому волнам. В настоящей работе приводятся асимптотические формулы для нелинейных береговых волн в более удобных для конкретных ситуаций координатах, исследуется зависимость параметров нелинейных волн, в частности, амплитуды, при которой волны не обрушаются, и рассматриваются содержательные примеры. Также обсуждается связь построенных решений с траекториями гамильтоновой системы, коэффициенты которой вырождаются на границе рассматриваемой области и в которой можно ввести быстрые и медленными переменные. Такие траектории образуют "вырождающиеся бильярды с полужесткими стенками" которые в более общем случае были изучены в недавней работе S. Bolotin, D. Treschev, Another Billiard Problem, Russ. J. Math. Phys., 2024. Ключевые слова: двумерная система мелкой воды, береговые волны, волновое уравнение с вырождающимися коэффициентами, локализованные асимптотические собственные функции (квазимоды), почти интегрируемые системы Гамильтона, вырожденные бильярды с полужесткими стенками.

24.04-01.161 Определение нелинейных сил второго порядка, действующих на накрененные шпангоутные контура при вертикальных, бортовых и поперечно-горизонтальных колебаниях в условиях мелководья. *Семенова В.Ю., Динцер А.И. Морские интеллектуальные технологии.* 2024, № 3-1, с. 30-40. Рус.

24.04-01.162 Повышение эффективности акустической связи в мелком море с ледовым покровом. *Короченцев В.И., Лобова Т.Ж., Лобов И.Ж., Губко М.А. Морские интеллектуальные технологии.* 2024, № 3-1, с. 324-329. Рус.

Представлена математическая модель для анализа и синтеза гидроакустической антенной решетки, расположенной вблизи слоя льда. Расчеты основаны на теории функции Грина для уравнения Гельмгольца. Используется алгоритм «направленных» функций Грина, позволяющий провести анализ и синтез гидроакустических антенных решеток в замкнутых объемах, ограниченными средами с различными параметрами по углу. Законы распространения упругих волн во льду рассмотрены недостаточно полно из-за сложного математического расчета. Предлагается использовать метод анализа акустического поля и синтеза антенной решетки, позволяющий найти аналитическое решение уравнения Гельмгольца для акустического давления и колебательной скорости при выполнении условий неразрывности на границе раздела двух сред с различными физическими параметрами. При преобразовании изгибных колебаний во льду в продольные колебания в воде можно ожидать рост эффективности работы гидроакустической системы вблизи упругого слоя льда. Такое преобразование позволяет увеличить эффективность работы антенной решетки за счет использования упругих свойств льда. Предложенная математическая модель позволяет на компьютерах средней мощности в течение нескольких минут получить результаты, приемлемые для практического применения в реальных условиях.

24.04-01.163 Моделирование коэффициента усиления вертикальной антенны в мелководном волноводе со взволнованной поверхностью. *Раевский М.А., Бурдуковская В.Г. Акустический журнал.* 2024. 70, № 2, с. 232-243. Рус.

Аналитически и численно исследуется влияние развитого ветрового волнения на коэффициент усиления вертикальной антенны в мелководных океанических волноводах. Предложен алгоритм расчета модельной корреляционной матрицы сигнала на апертуре вертикальной антенной решетки, учитывающий интерференционную структуру акустического поля в звуковом канале. Коэффициент усиления антенны анализируется для трех методов пространственной обработки: стандартного метода ФАР (фазированной антенной решетки), метода оптимальной линейной обработки и метода оптимальной квадратичной обработки. Приведены результаты численного моделирования для гидрологических условий Баренцева моря в зимний период. Основное внимание уделяется зависимости от скорости ветра и

характеристик донного грунта значений коэффициента усиления антенной решетки, “сглаженных” на масштабе интерференционной структуры акустического поля в волноводе. Подробно анализируются влияния межмодовых корреляций на результаты моделирования коэффициента усиления при различных способах обработки сигнала. Показано, что игнорирование межмодовых корреляций в случае вертикальной антенны приводит к принципиально ошибочным результатам при оптимальных методах обработки.

24.04-01.164 Равновесная модель слоя смещения в сдвиговом течении стратифицированной жидкости. *Ляпидевский В.Ю., Чесноков А.А. Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 3, с. 43-55. Рус.

Предложена математическая модель, описывающая формирование внутренних гидравлических прыжков и перемешивание сонаправленных потоков идеальной стратифицированной жидкости в приближении Буссинеска. Модель основана на трехслойном представлении течения с учетом вовлечения жидкости из внешних слоев в промежуточную вихревую прослойку и представляется в виде системы неоднородных законов сохранения. Скорость вовлечения задается условием равновесия в рамках более общей модели эволюции слоя смещения. Определены скорости распространения возмущений и сформулированы понятия докритического и сверхкритического течений. Показано, что модель применима для описания особенностей перемешивания и расщепления потока в глубоководных течениях. Построены решения, соответствующие обтеканию препятствия с образованием внутреннего гидравлического прыжка и области интенсивного перемешивания. Проведено сравнение результатов численного моделирования с экспериментальными данными. Показано, что они хорошо согласуются.

24.04-01.165 Регистрация и локализация гидроакустического источника береговым измерительным комплексом. *Чупин В.А., Долгих Г.И., Долгих С.Г., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырев А.Н., Яковенко С.В., Ярошук И.О. Подводные исследования и робототехника.* 2024. 37, № 1, с. 4-11. Рус.

Актуальной задачей представленного исследования является изучение особенностей трансформации акустических сигналов на границе геосфер в зоне перехода «вода—земля». Энергия сигнала движущегося гидроакустического источника излучения преобразуется в прибрежной зоне в сейсмоакустические колебания, регистрируемые береговым двухкоординатным лазерным деформографом. Пространственное положение измерительных компонент лазерного деформографа позволяет локализовать перемещение объекта в близлежащей акватории на основании исследования вариаций амплитуды регистрируемого сигнала. Описывается методика проведения эксперимента, основанная на движении излучателя с постоянными скоростью и удалением от береговой измерительной системы. В результате проведенного эксперимента получена устойчивая регистрация сейсмоакустического сигнала на всей траектории движения излучателя с уменьшением амплитуды принимаемого сигнала при его нахождении под углом, близким к 45 градусам, по отношению к компонентам лазерного деформографа. По данным анализа вариаций амплитуды зарегистрированного сигнала на разнонаправленных компонентах лазерного деформографа получены результаты пеленгации источника низкочастотного гидроакустического излучения, при этом ошибка определения направления на гидроакустический источник составила от 0.2 до 10,5%.

См. также **24.04-01.49**

Лучевое распространение звука в океане

См. **24.04-01.159**

Гибридные и асимптотические теории

См. **24.04-01.32**

Излучение колеблющихся под водой объектов, импеданс

24.04-01.166 Пульсирующий источник в жидкости под ледяным покровом при наличии сдвигового потока. *Стурова И.В. Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 1, с. 32-46. Рус.

Решена двумерная нестационарная задача о развитии волнового движения в двухслойной жидкости конечной глубины, ограниченной сверху ледяным покровом, который моделируется тонкой упругой пластиной с учетом сил продольного сжатия. Рассмотрены случаи, когда в невозмущенном состоянии один из слоев покоится, а в другом (верхнем или нижнем) горизонтальная скорость потока линейно меняется по толщине. Определены дисперсионные зависимости для трех волновых мод, возникающих при наличии сдвигового потока. Вычислены вертикальные прогибы ледяного покрова, обусловленные включением пульсирующего источника возмущений, расположенного в изначально неподвижном слое жидкости. Рассмотрен также частный случай, когда жидкость ограничена сверху твердой крышкой. Задача рассматривается в линейной постановке, жидкость полагается идеальной и несжимаемой.

Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

24.04-01.167 Моделирование изгибно-гравитационных волн в ледяном покрове на упругих пленках. *Козин В.М. Известия Российской академии наук. Механика твердого тела.* 2024, № 1, с. 3-22. Рус.

Отмечено, что на основании наблюдений за колебаниями ледяного покрова в натуральных условиях под действием движущихся нагрузок, т.е. при возбуждении изгибно-гравитационных волн (ИГВ), последний ведет себя аналогично упругой изотропной пластине. На этом основании предложено новое направление в моделировании некоторых задач деформирования ледяного покрова ИГВ на упругих пленках в обычных опытовых бассейнах. Возможность такой технологии подтверждена результатами сопоставления записей деформирования движущимися нагрузками упругого модельного слоя и натурального ледяного покрова. На основании теории подобия и размерностей получены зависимости для пересчета данных модельных испытаний на натуре. Отмечается, что затраты на проведение подобных модельных экспериментов несоизмеримо меньше с затратами при проведении опытов в ледовых бассейнах. Перечисляются ледотехнические задачи, при решении которых может быть использована разработанная методика моделирования ИГВ.

24.04-01.168 Движение жидких частиц в поле поверхностной обобщенной уединенной волны в жидкости под ледяным покровом. *Ильичев А.Т., Савин А.С. Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2024. 327, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4407>. Рус.

Рассматривается слой жидкости конечной глубины, описываемый уравнениями Эйлера. Ледяной покров моделируется геометрически нелинейной упругой пластиной Кирхгофа—Лява. Траектории частиц жидкости под ледяным покровом находятся в поле нелинейных поверхностных бегущих волн типа обобщенной уединенной волны малой, но конечной амплитуды. Решение, описывающее такие поверхностные волны, допускается уравнениями модели. Обобщенные уединенные волны вплоть до экспоненциально малой величины по амплитуде являются уединенными волнами, поэтому, для приближений алгебраического порядка по амплитуде, траектории частиц определяются поверхностной уединенной волной. В анализе используются явные асимптотические выражения для решений, описывающих волновые структуры на границе раздела вода-лед, такие как обобщенная уединенная волна, а также асимптотические решения для поля скоростей в толще жидкости, генерируемого этими волнами. Ключевые слова: ледяной покров, обобщенная уединенная волна, бифуркация, центральное многообразие, траектории жидких частиц.

24.04-01.169 Движение нагрузки по ледяному по-

крову при наличии слоя жидкости со сдвиговым течением. *Ткачева Л.А. Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2024, № 1, с. 99-111. Рус.*

Исследовано поведение ледяного покрова на поверхности идеальной несжимаемой жидкости конечной глубины под действием движущейся прямолинейно с постоянной скоростью области давления при наличии в верхнем слое потока со сдвигом скорости. Предполагается, что в системе координат, движущейся вместе с нагрузкой, прогиб льда установившийся. Использован метод преобразования Фурье в рамках линейной теории волн. Исследованы критические скорости, прогиб ледяного покрова и волновые силы в зависимости от градиента скорости течения, толщины сдвигового слоя, направления движения и коэффициента сжатия.

См. также **24.04-01.162, 24.04-01.166**

Подводные шумы, механизмы генерации и характеристики полей

24.04-01.170 Характеристики скалярного частотно-волнового спектра пристеночных пульсаций давления в безградиентном турбулентном пограничном слое. *Кудашев Е.Б., Яблоник Л.Р. Акустический журнал. 2024, 70, № 2, с. 244-252. Рус.*

Выполнен анализ основных свойств скалярного частотно-волнового спектра турбулентных давлений, представляющего суммарную энергию волновых компонент поля турбулентных давлений с заданным модулем волнового вектора. Рассмотрение скалярного спектра, обладающего самостоятельным прикладным значением, позволяет наглядно представить распределение энергии турбулентных давлений в широком диапазоне частот и волновых чисел. На основании известных моделей векторного волнового поля предложены соотношения для оценки приведенного скалярного спектра. Определены степень и характер параметрического влияния чисел Маха и Рейнольдса.

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

24.04-01.171 Использование математического аппарата марковских случайных процессов для моделирования систем мониторинга морской обстановки. *Волгин П.Н., Ковалевский Н.Г. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

Эффективное решение широкого комплекса задач по реализации процесса непрерывного мониторинга морской обстановки в различных районах Мирового океана требует постоянного совершенствования и развития системы мониторинга морской обстановки. В статье рассматривается возможность использования математического аппарата марковских случайных процессов для моделирования процесса мониторинга морской обстановки в интересах обоснования вариантов построения, функционирования и совершенствования системы мониторинга морской обстановки. Ключевые слова: система мониторинга, морская обстановка, математический аппарат, марковские случайные процессы.

См. также **24.04-01.26, 24.04-01.27, 24.04-01.34, 24.04-01.158**

Акустика глобальных масштабов, термометрия и дальняя подводная связь

См. **24.04-01.157**

Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

24.04-01.172 Алгоритм уточнения оценки радиальной составляющей скорости цели в многоканальном доплеровском гидролокаторе. *Черницы-*

на А.А., Яновер Б.И. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.

Показана возможность повышения точности оценки радиальной составляющей скорости цели в многоканальном доплеровском гидролокаторе. Выполнен синтез алгоритма уточнения оценки. Приведены близкие к потенциальным точностные характеристики оценки, полученные путем статистического моделирования при цифровой реализации алгоритма. Ключевые слова: гидролокатор, отношение правдоподобия, оценка параметров.

24.04-01.173 О поиске источников шума группой взаимодействующих АНПА с применением генетического алгоритма. *Павин А.М., Щербатюк А.Ф. Подводные исследования и робототехника. 2024, 37, № 1, с. 26-37. Рус.*

В задачах, связанных с поисковыми и наблюдательными миссиями, все чаще применяются морские беспилотные комплексы. Охрана акваторий, обследовательские и инспекционные операции, отслеживание морских животных — примеры подобных миссий. При использовании группы взаимодействующих морских беспилотников большая часть таких задач может быть решена более эффективно по сравнению с одиночными аппаратами. В статье рассмотрена задача пассивного обнаружения и локализации посторонних объектов в заданной акватории с указанным размером контролируемой области посредством использования группы автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА). Предполагается, что на борту АНПА установлены антенны скалярно-векторных приемников для обнаружения и определения направления на источник шума. Рассмотрены некоторые способы организации групповой работы таких АНПА. Исследован централизованный вариант, когда собранная текущая информация от всех АНПА передается в один АНПА-лидер, который на основе обработки полученной информации формирует план работы группы, включающий параметры движения всех АНПА, для обнаружения и определения местоположения источников шума. Рассмотрен подход на основе использования генетического алгоритма, исследованы несколько вариантов его реализации. Приведены результаты модельных экспериментов, которые демонстрируют работоспособность предложенных алгоритмов.

24.04-01.174 Позиционирование автономного необитаемого подводного аппарата с одновременной обработкой текущих и сохраненных измерений дальностей от менее чем трех гидроакустических маяков. *Богомолов В.В. Подводные исследования и робототехника. 2024, 37, № 1, с. 58-67. Рус.*

Разработан рекуррентный алгоритм определения координат автономного необитаемого подводного аппарата с использованием разномоментных измерений дальностей до гидроакустических маяков, лага и курсоуказателя при неизвестных априорных координатах подводного аппарата. Число одновременно используемых маяков может быть произвольным, но есть по крайней мере один момент, в который измерения поступают от не менее чем трех маяков. В этот момент для получения начальной точки линеаризации измерений используется приближенный аналитический способ. Предполагается, что в предшествующие моменты измерения сохранены для последующей обработки. В алгоритме используются два фильтра, параллельно обрабатывающие сохраненные и текущие измерения. Результаты двух фильтров комплексуются с применением так называемых фиктивных измерений. Представлены результаты моделирования и обработки натуральных данных, подтверждающие эффективность разработанного алгоритма.

24.04-01.175 О возможности оценки предельной дальности обнаружения подводных глайдеров. *Кузькин В.М., Матвиенко Ю.В., Пересёлков С.А., Рыбачев П.В. Подводные исследования и робототехника. 2024, 37, № 1, с. 68-75. Рус.*

Изложена методика голографической обработки шумового сигнала подводного источника, позволяющая оценить его предельную дальность обнаружения. Представлен алгоритм определения параметров голографической обработки, реализующий предельную дальность обнаружения. Приведены результаты численного эксперимента по определению предельной дальности

сти обнаружения гибридного АНПА в режиме «подводного планера». В качестве приемной системы рассмотрены одиночный приемник и линейная антенна.

См. также 24.04-01.165

Гидроакустические преобразователи и антенны

24.04-01.176 Гидроакустический модем СПбГМТУ — сравнение с конкурентами. *Тузова А.А., Кузнецов А.Г., Назаров А.М., Захарьева О.В., Блинков А.П.* *Морские интеллектуальные технологии.* 2024, № 1-1, с. 199-208. Рус.

Проведен обзор наиболее популярных гидроакустических модемов, использующихся робототехническими комплексами для передачи полезной информации под водой. Рассмотрены модемы зарубежных производителей (EvoLogics, DSPComm, Teledyne Benthos, Water Linked и др.) и российских производителей (AQUATELE.COM, UC&NL, СПбГМТУ). К каждому представленному в работе модему приведены его основные характеристики: рабочая дальность, полоса используемых частот, скорость передачи данных, потребляемая мощность в режимах приема и излучения и габаритные размеры устройства. На основе одной из важнейших характеристик модемов — рабочей дальности — проведено условное разделение всех рассмотренных устройств на три группы: модемы ближнего радиуса действия (до 1000 м), среднего радиуса действия (от 1000 до 3500 м) и дальнего радиуса действия (от 3500 м). В каждой из трех групп проведен сравнительный анализ модемов по трем характеристикам: скорости передачи данных, потребляемой мощности при излучении и массе устройства. По результатам сравнительного анализа был сделан вывод, что устройства, производимые в СПбГМТУ, сопоставимы по характеристикам с другими популярными моделями различных производителей, охватывают большой диапазон рабочих дальностей и могут составить конкуренцию модемам уже устоявшихся производителей.

24.04-01.177 Навигация автономного подводного аппарата с помощью объединения датчиков методом разнесенного приема при отсутствии угла пеленга. *Дементьев К.В., Алычаков В.В., Мирянова В.Н.* *Морские интеллектуальные технологии.* 2024, № 1-1, с. 241-250. Рус.

Предлагается схема объединения датчиков по методу разнесенного приема для использования расширенного фильтра Калмана в задаче позиционирования подводного аппарата с помощью устройств связи (буев), предоставляющих информацию о местоположении с помощью механизма наклонных дальностей, инерциальных датчиков, доплеровского лага и датчика давления при отсутствии данных об угле пеленга. Описаны методы оценки параметров всех компонентов навигационной системы. Представлены результаты имитационного моделирования с соответствующими метриками качества. Полученные данные позволили сформировать и оценить модель определения положения подводного аппарата, что по-прежнему является актуальной и сложной задачей для исследователей морского дна. Было показано, что объединение датчиков методом разнесенного приема позволяет сократить вектор состояния фильтра, что открывает новые возможности для повышения эффективности и быстродействия систем управления и навигации. Ключевые слова: подводная навигация, инерциальная навигация, оценка состояния, объединение датчиков, нелинейный фильтр.

24.04-01.178 Оценка помехоустойчивости гидроакустического средства на повышенных скоростях хода корабля. *Колмогоров В.С., Дягилев М.В.* *Гидроакустика.* 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.

Исследован вопрос оценки помехоустойчивости гидроакустической антенны и возможность ее повышения в условиях помех ближнего поля. Показано, что оценка помехоустойчивости гидроакустического средства на повышенной скорости корабля возможна с использованием пространственно-корреляционных функций виброакустической помехи. Экспериментально получены пространственные коэффициенты кор-

реляции по сигналу и по помехе и рассчитана помехоустойчивость на повышенной скорости корабля. Сделан вывод о том, что для увеличения помехоустойчивости гидроакустической антенны необходима оптимизация расстояния между приемными электроакустическими преобразователями на основе анализа пространственно-корреляционных функций при различных скоростях корабля. Ключевые слова: помехоустойчивость, виброакустическая помеха, гидроакустическое средство, пространственно-корреляционная функция.

24.04-01.179 Технические решения при разработке механических колебательных систем двухчастотных излучающих и приемных антенн высокочастотных многолучевых эхолотов. *Можарова Н.А.* *Гидроакустика.* 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.

Рассмотрен вариант построения двухчастотных механических колебательных систем излучающей и приемной антенн высокочастотного многолучевого эхолота. Приведены электроакустические параметры, полученные расчетным путем. Ключевые слова: пьезокерамические элементы, двухчастотные механические колебательные системы, характеристики направленных.

24.04-01.180 Управление гидроакустическими средствами при ведении попутного поиска в условиях высокой изменчивости среды. *Ермолаев В.И., Охрименко С.Н., Потапычев С.Н., Рубанов И.Л.* *Гидроакустика.* 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.

Развиваются существующие методические подходы к практическому использованию океанологических данных при ведении попутного поиска в районах, характеризующихся высокой изменчивостью среды. Приведена схема решения задачи управления гидроакустическими средствами с использованием метода динамического программирования. Приводятся рекомендации по использованию разработанных алгоритмов для обеспечения наиболее благоприятных условий функционирования гидроакустических средств при обеспечении задач поиска подводных объектов. Ключевые слова: гидроакустические средства, модель среды, расчетная сетка, динамическое программирование, поиск, эффективность, оптимизация.

24.04-01.181 Результаты исследования пространственной характеристики системы пассивной гидролокации с разнесенными антеннами. *Попова О.С., Максимов В.В.* *Гидроакустика.* 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.

Рассматривается пространственная характеристика (ПХ) системы пассивной гидролокации. Предложена приближенная формула расчета ПХ, показано, что она является функцией величины, обратной дистанции до объекта локации. Представление ПХ в нелинейной шкале обеспечивает симметричность формы сигнальной отметки по пространственной координате и ее независимость от дистанции до лоцируемого объекта. Приведены расчеты ПХ традиционной и адаптивной систем пассивной гидролокации в различных помехосигнальных ситуациях. Ключевые слова: пассивная гидролокация, разнесенные антенны, оптимальные методы обнаружения.

24.04-01.182 Оценка точности определения дистанции до подводного источника шума на предельной дистанции его обнаружения. *Гриненков А.В., Машошин А.И.* *Гидроакустика.* 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.

Обосновывается точность определения дистанции до подводного источника шума на предельной дистанции его обнаружения с использованием алгоритма, основанного на совместном использовании энергетического и спектрального методов. Для решения задачи синтезирован алгоритм, позволяющий получить максимально правдоподобную оценку дистанции до объекта с использованием рассчитанной передаточной характеристики гидроакустического канала распространения шума объекта и распределений вероятностей шумности объекта конкретного класса и ошибки вычисления передаточной характеристики гидроакустического канала. Ключевые слова: гидроакустика, режим шумопеленгования, определение дистанции до ис-

точника шумоизлучения.

24.04-01.183 Применение программного моделирования составных частей гидроакустических комплексов для разработки и модернизации алгоритмов их технического диагностирования. *Щетинина М.Г. Гидроакустика. 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.*

Рассматривается задача модернизации системы диагностирования составных частей серийных гидроакустических комплексов в условиях недостатка данных о внесенных изменениях. Предложен подход к решению задачи с помощью программного моделирования, показаны результаты такого подхода и предложен метод проектирования алгоритмов диагностирования для вновь разрабатываемых изделий. Ключевые слова: гидроакустический комплекс, система технического диагностирования, программное моделирование, модель, модернизация алгоритмов контроля.

24.04-01.184 Моделирование рабочих зон заданной точности определения места цели пеленгационным методом для гидроакустических средств с линейными протяженными антеннами. *Малый В.В., Максимов М.С. Гидроакустика. 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.*

Рассмотрены особенности результатов оценки места цели пеленгационным методом применительно к позиционным гидроакустическим средствам с линейными протяженными антеннами. Исследовано изменение зон равной ошибки места цели в зависимости от различных вариантов взаимной ориентации линейных протяженных антенн двух соседних гидроакустических средств, приведены результаты расчетов. Ключевые слова: определение места цели, ошибка места цели, пеленгационный метод, линейные протяженные антенны, позиционные гидроакустические системы, ошибка места заданной вероятности, контуры заданной точности определения места цели, рабочие зоны.

24.04-01.185 Синтез направленности дискретной антенны методом подбора координат ее элементов. *Жуков В.В. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

Рассмотрены две задачи синтеза характеристики направленности эквидистантной антенной решетки: фазового синтеза и преобразования эквидистантной решетки в неэквидистантную. Использован метод наилучшей среднеквадратичной аппроксимации заданной характеристики направленности. Ключевые слова: антенная решетка, характеристика направленности, синтез антенны.

24.04-01.186 Измерения эхолотом научного исследовательского судна «Витязь» максимальных глубин желобов Марианского и Тонга. *Львов К.П. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

Рассмотрены и скорректированы результаты измерений однопучковым эхолотом максимальных глубин желобов Марианского и Тонга. Измерения были проведены научно-исследовательским судном (НИС) «Витязь» 18–21 августа 1957 г. и 25–29 декабря 1957 г. во время 25-го и 26-го рейсов Материалы по измерениям заимствованы из литературы, а более подробные сведения — из рейсовых отчетов. Ключевые слова: эхолот, Марианский, Тонга, желоб, НИС «Витязь».

24.04-01.187 Исследование метода «мнимой базы» при определении координат источников акустических сигналов. *Дидятев Д.В., Калугина М.С., Петров Ю.В., Процинов М.И., Хороших А.С. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

Статья посвящена повышению оперативности и точности оценивания местоположения источников акустических сигналов подводных и надводных объектов в водной среде и на границах ее раздела путем разработки и исследования новых алгоритмов обработки информации в гидроакустических системах (ГАС). Исследуется метод «мнимой базы», суть которого заключается в использовании при решении триангуляционной задачи не

только измерений пеленгов на источники акустических сигналов (ИАС), но и их экстраполированных на некоторый интервал времени значений. Показано, что при использовании линейной модели есть ограничения как на время измерения пеленгов на ИАС, так и на время экстраполяции. Это обусловлено увеличением среднеквадратической ошибки оценивания дальности до ИАС из-за ограничения количества членов разложения в ряд нелинейной зависимости изменения пеленгов на ИАС от времени. Она, в свою очередь, зависит от величины изменения пеленгов на ИАС (зависит от дальности до ИАС и скорости движения носителя ГАС) и начального пеленга на ИАС (зависит от курса движения носителя ГАС). Экстраполяция на большие интервалы времени возможна только при больших расстояниях до ИАС и относительно небольшой скорости движения носителя ГАС. Ключевые слова: пассивная гидролокация, источник акустических сигналов, шумопеленгование, гидроакустическая станция, определение местоположения, триангуляция, мнимая база.

24.04-01.188 Подавление помех контуром фазовой автоподстройки частоты в системах синхронизации аналого-цифровых преобразователей. *Горлин А.В., Коцеева М.А., Смирнов А.О., Степанова Е.Е. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

Излагается методика расчета параметров элементов контура фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), обеспечивающих его устойчивость, и сравниваются результаты подавления фазового шума (джиттера) на основе линейной и нелинейной модели. Показано, что в нелинейной модели контура ФАПЧ проявляется эффект переноса спектра высокочастотной помехи в область низких частот. Предлагается методика оперативного расчета подавления низкочастотного и высокочастотного джиттера сигналов синхронизации контуром ФАПЧ. Ключевые слова: аналого-цифровое преобразование, контур ФАПЧ, перенос спектра, джиттер.

24.04-01.189 О конструкции демпфера приборного морского геофизического комплекса с геленаполненной сейсмокозой. *Демьянюк Д.Н., Малевинский Д.Д., Мартынов К.Г., Щекотихин Н.И. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

Рассматриваются конструктивные особенности демпфера приборного геленаполненной сейсмокозы, такие как архитектура грузонесущей системы, прокладка линии коммуникации, балансировка плавучести, заполнение демпфера, а также результаты статических испытаний на этапе макетирования. Представлена конструкция демпфера, которая в значительной степени снижает вибрационные шумы, что приводит к повышению качества сейсмической информации. Ключевые слова: сейсмическая коса, демпфер приборный, геологоразведка.

24.04-01.190 Перспективная модернизация пульта оператора. *Сузарев А.В., Рылов И.Ю. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

В целях актуализации внешнего вида корпусов современных приборов важно уделять внимание не только таким параметрам, как технологичность, унификация, типизация, но и эстетическим и эргономическим особенностям корпусов. Исследование затрагивает как вопросы использования в дизайне проектировании проработанных и испытанных конструкторских решений, снижающих трудоемкость, материалоемкость и себестоимость модифицированного корпуса пульта оператора, так и вопрос привлечения перспективных технологий с целью формирования проектных предложений перспективной направленности. В статье рассмотрены вопросы модернизации пульта оператора на примере серийного изделия АО «Концерн «Океанприбор». Ключевые слова: дизайн, эстетика, эргономика, пультовой прибор.

24.04-01.191 Модели расчета ожидаемых зон наблюдения гидроакустических средств в условиях гидроакустического противодействия. *Малый В.В., Корольков А.А., Ибрагим А. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

Рассмотрены математические и графические модели изме-

нения ожидаемых зон наблюдения активных и пассивных гидроакустических средств освещения подводной обстановки в условиях гидроакустического противодействия: применения средств гидроакустического подавления (приборов помех) с учетом влияния гидролого-акустических условий. Приведены примеры расчетов и визуализации ожидаемых зон наблюдения для режимов гидролокации и шумопеленгования. Ключевые слова: гидроакустические средства, зоны наблюдения, гидроакустическое противодействие, средства гидроакустического подавления, приборы помех, гидролого-акустические условия, неоднородная морская среда.

24.04-01.192 Применение военно-морскими силами стран НАТО подводных глайдеров, оснащенных буксируемыми антеннами, в целях противолодочной обороны — обзор по материалам иностранной печати. *Ясников А.И., Димидов В.Е., Селезнев И.А. Гидроакустика. 2024, № 58, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA58.pdf>. Рус.*

В странах НАТО наблюдается ярко выраженная тенденция к переходу на использование автономных беспилотных средств в качестве одного из основных средств ведения боевых действий, в том числе для обеспечения противолодочной обороны. Подводные глайдеры в новой, современной концепции обеспечения противолодочной обороны рассматриваются странами НАТО в качестве перспективного средства обнаружения подводных лодок. Подводные глайдеры для обнаружения подводных лодок оснащаются гибкими протяженными буксируемыми антеннами и датчиками гидрофизических полей. Статья содержит краткий обзор публикаций иностранной печати об испытаниях буксирюемых антенн для подводных глайдеров. Рассматриваются возможные направления совершенствования подводных глайдеров, оснащенных буксируемыми антеннами, и перспективы их использования для развития системы противолодочной обороны стран НАТО. Ключевые слова: противолодочная оборона, подводная лодка, подводный объект, Военно-морские силы НАТО, автономные необитаемые подводные аппараты, гибкая протяженная буксируемая антенна, подводный глайдер, гидрофон, акустическая помеха, глайдер типа Slocum.

См. также **24.04-01.163, 24.04-01.165, 24.04-01.171, 24.04-01.172, 24.04-01.173, 24.04-01.174, 24.04-01.175, 24.04-01.238, 24.04-01.239**

Подводные измерения и калибровка аппаратуры

24.04-01.193 Определение точности измерения дальности между подводными объектами при помощи гидроакустических модемов. *Дикарев А.В., Дмитриев С.М., Кубкин В.А., Василенко А.В., Абеленцев А.П. Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 2-1, с. 145-154. Рус.*

Представлены результаты экспериментального исследования

точности определения дальности между подводными объектами при помощи гидроакустических модемов uWave в условиях ледового эксперимента в мелком водоёме. Проведены две независимые проверки: определение фактической скорости звука на основе относительных измерений, и определение дальностей на основе скорости звука, вычисленной по измерению температуры встроенными в модемы датчиками. Общий размер выборки составляет 1260 измерений времени распространения сигнала, выполненных в 10 различных взаимных расположениях двух объектов. Проведён анализ источников погрешностей, в ходе которого, в частности, выявлена линейная зависимость роста среднеквадратичного отклонения измерений времени распространения с дальностью. В качестве источника указан эффект удлинения траекторий лучей в виду нелинейности распространения звука в среде. Экспериментальная проверка точности определения времени распространения сигнала и наклонной дальности между модемами uWave показала, что среднеквадратичное отклонение имеет порядок 0.1% от дальности.

См. также **24.04-01.158, 24.04-01.165, 24.04-01.171, 24.04-01.172, 24.04-01.173, 24.04-01.174, 24.04-01.175, 24.04-01.177, 24.04-01.180, 24.04-01.182, 24.04-01.183, 24.04-01.184, 24.04-01.185, 24.04-01.186, 24.04-01.187, 24.04-01.188, 24.04-01.189, 24.04-01.190, 24.04-01.191, 24.04-01.192, 24.04-01.238, 24.04-01.239**

Компьютерное моделирование в гидрофизике и гидроакустике

24.04-01.194 Использование моделей машинного обучения в задаче классификации малоразмерных морских объектов. *Тимкин А.К. Гидроакустика. 2024, № 57, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/sbGA57.pdf>. Рус.*

Рассматривается задача разработки автоматического классификатора с использованием технологии машинного обучения для типовой активной гидроакустической станции. Использование машинного обучения и простейших нейронных сетей в задачах классификации значительно облегчает разработку и повышает качество классификации малоразмерных морских объектов. Показано увеличение вероятности правильной классификации по сравнению с классическими методами. Предложены пути дальнейшего развития системы. Ключевые слова: классификация малоразмерных морских объектов, машинное обучение, гидроакустика.

См. также **24.04-01.50, 24.04-01.110, 24.04-01.163, 24.04-01.191**

Лабораторное экспериментальное моделирование

См. **24.04-01.173, 24.04-01.177, 24.04-01.178, 24.04-01.179, 24.04-01.194**

Атмосферная и аэроакустика

Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

См. **24.04-01.49**

Распространение и рассеяние на турбулентности и на неоднородных течениях

24.04-01.195 Исследование самовозбуждающихся колебаний по тангажу коническо-сферического тела при числе Маха $M=1,75$ и двух моментах инерции. *Миценко Н.А., Часовников Е.А. Сибирский физический журнал. 2023, 18, № 1, с. 43-52. Рус.*

Проведены испытания коническо-сферического тела в сверх-

звуковой аэродинамической трубе на установке свободных колебаний по углу тангажа при числе Маха $M=1,75$ и двух моментах инерции тела относительно оси вращения. Для тела с большим моментом инерции получены автоколебания с амплитудой около 10 град. Впервые обнаружен феномен вырождения автоколебаний для тела с меньшим моментом инерции. Предпринята попытка смоделировать феномен при помощи обыкновенного линейного дифференциального уравнения первого порядка.

24.04-01.196 К вопросу о визуализации течения в области вдува воздуха через перфорированный участок поверхности тела вращения. *Корнилов В.И., Пивоваров А.А., Попков А.Н. Сибирский физический журнал. 2024, 19, № 1, с. 80-88. Рус.*

Представлены результаты визуализации пристенного турбу-

лентного течения при вдуве воздуха варьируемой интенсивности через перфорированный участок поверхности на осесимметричном теле удлинением 25,3 в условиях его обтекания несжимаемым потоком. Показано, что использование метода лазерного ножа с засевом потока светорассеивающими частицами размером 1–2 мкм, сформированными из смеси на основе воды, в состав которой входит полигликоль, позволяет визуализировать структурные элементы пристенной области течения, технически трудно выявляемые традиционными методами измерений.

24.04-01.197 Оценка пульсаций давления в ближнем поле струи при наличии спутного потока на основе результатов термоанемометрических измерений. *Бычков О.П., Фараносов Г.А. Акустический журнал.* 2024. 70, № 1, с. 77-91. Рус.

Показано, что спектры пульсаций скорости, измеренные с помощью термоанемометра в области потенциальной части ближнего поля турбулентной струи при наличии спутного потока, могут быть пересчитаны в спектры пульсаций давления. Предложенный метод пересчета основан на том факте, что волны неустойчивости, которые вносят определяющий вклад в пульсации ближнего поля, близки по структуре к однородным продольным волнам. Это позволяет локально связать пульсации давления и продольной компоненты скорости, измеряемой термоанемометром.

См. также **24.04-01.26, 24.04-01.170**

Численные методы для акустики атмосферы

24.04-01.198 Решение обратных задач аэродинамики для невыпуклых форм. *Гонтаренко А.А., Большакова О.С. Вестн. Волгогр. Гос. Ун-та. Сер. 1: Математика. Физика.* 2011. 14, № 1, с. 76-80. Рус.

Предложен метод численного решения задачи построения профиля невыпуклого тела по заданному распределению скорости на его поверхности. В основу метода положено интегральное уравнение Фредгольма II рода. Рассмотрены параметризации, использующие хордовую ($x(q)$, $y(q)$) и угловую ($r(b)$, b) диаграммы распределения данных. Приведены примеры численных расчетов.

См. также **24.04-01.43, 24.04-01.44**

Ударные и взрывные волны, звуковой удар

24.04-01.199 Тестирование схем повышенной точности на задаче о взаимодействии ударной волны с вихрем. *Бабич Е.В., Колесник Е.В. Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н.* 2024. 17, № 2, с. 8-20. Рус.

Представлены результаты решения задачи взаимодействия ударной волны и изэнтропического вихря. Проанализирована сложная нестационарная ударно-волновая картина. Показано слабое влияние схемы аппроксимации конвективных потоков на точность расчетов. Представлены результаты расчетов, полученных с применением схем повышенной точности: проведено сравнение результатов, полученных с использованием схем TVD второго порядка и WENO пятого порядка. Установлено, что наиболее точное восстановление структуры вихря после его взаимодействия с ударной волной достигается при расчетах с использованием схемы WENO.

См. также **24.04-01.51**

Звук в трубах с потоками

См. **24.04-01.115**

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

См. **24.04-01.197**

Авиационная акустика

24.04-01.200 Экспериментальное исследование развития волнового поезда в продольном следе в пограничном слое плоской пластины при числе Маха 2,5. *Питеримова М.В., Косинов А.Д., Семёнов Н.В., Якужи А.А., Шамакова А.В., Ермолаев Ю.Г., Смородский В.В. Сибирский физический журнал.* 2024. 19, № 2, с. 95-110. Рус.

Рассматриваются экспериментальные результаты по развитию волнового поезда в продольном следе в пограничном слое плоской пластины при числе Маха 2,5. Выполнен анализ пространственно-временных распределений и частотно-волновых спектров пульсаций, а также их волновых характеристик в линейной и слабонелинейной фазе развития волнового поезда в однородном и неоднородном пограничном слое при фиксированной мощности источника контролируемых возмущений. В ходе анализа результатов субгармонический резонанс не наблюдался. Разложение по волновому спектру стационарной неоднородности и экспериментальные данные о волновых характеристиках и спектрах возмущений позволили предложить варианты взаимодействия волн для режима наклонного перехода.

24.04-01.201 Особенности взаимнокорреляционных характеристик возмущений в сверхзвуковом пограничном слое пластины при воздействии на переднюю кромку пары слабых ударных волн. *Афанасьев Л.В., Якужи А.А., Косинов А.Д., Семенов Н.В. Теплофиз. и аэромех.* 2024, № 1, с. 17-31. Рус.

Представлены результаты экспериментальных измерений для оценки корреляционных характеристик возмущений пограничного слоя плоской пластины с острой передней кромкой и пульсаций набегающего потока в случаях естественных пульсаций и при воздействии на переднюю кромку N -волны для числа Маха 2. Цифровым методом получены параметры взаимной корреляции сигналов от двух термоанемометров постоянного сопротивления. Определены частотные диапазоны, в пределах которых имеется взаимосвязь пульсаций массового расхода, измеряемого датчиками.

24.04-01.202 Акустико-эмиссионный контроль дефектов зоны крепления крыла самолета в условиях полета. *Серьезнов А.Н., Степанова Л.Н., Кабанов С.И., Чернова В.В., Кузнецов А.Б. Контроль. Диагностика.* 2024. 27, № 6, с. 18-27. Рус.

Приведены результаты исследований, полученных при мониторинге конструкции самолета Ту-134А в полете. На борту самолета были установлены два четырехканальных блока микропроцессорной акустико-эмиссионной (АЭ) системы СПАД-16.12 и две антенны, каждая из которых подключалась к одному из блоков системы. Одна из антенн состояла из четырех пьезоэлектрических преобразователей акустической эмиссии (ПАЭ), а в другой антенне использовались два датчика ПАЭ и два волоконно-оптических датчика (ВОД). Сигналы с датчиков ПАЭ и ВОД поступали на вход измерительных каналов каждого блока системы, обрабатывались и в цифровом виде передавались в компьютер. Затем строилась линейная локация, осуществляемая двумя датчиками ПАЭ, установленными на шпангоуте, и суммарный счет сигналов АЭ от времени, зарегистрированный в процессе взлета самолета, во время его полета и посадки.

24.04-01.203 Расчет автоколебаний газа в малоэмиссионных камерах сгорания ГТУ, работающих на газообразном топливе. *Дробыш М.В., Дубовицкий А.Н., Лебедев А.Б., Тарасов Д.С., Фокин Н.И., Фурлетов В.И., Якубовский К.Я. Физика горения и взрыва.* 2024. 60, № 4, с. 76-86. Рус.

Разработан экономичный метод расчета самовозбуждения колебаний газа в малоэмиссионных камерах сгорания газотурбинных установок. Метод основан на использовании модели турбулентности SST SAS и модели турбулентного горения с модифицированным уравнением для переменной степени завершенияно-

сти горения. В источниковый член этого уравнения введен множитель, связанный с колебаниями давления газа. Склонность камеры сгорания к возбуждению колебаний газа оценивается двумя параметрами: показателем степени данного множителя (показателя взаимодействия) и логарифмическим декрементом затухания колебаний. При решении задачи на самовозбуждение колебаний в случае задания однородной метановоздушной смеси на входе в камеру сгорания появилась первая радиальная мода колебаний с частотой 2 700 Гц. В случае раздельной подачи воздуха и топлива в камеру сгорания возбудилась первая продольная мода колебаний с частотой 300 Гц. Применение резонансных поглотителей (антивибрационных экранов небольшого размера) позволило полностью подавить радиальные колебания. Ключевые слова: малоэмиссионная камера сгорания, метод расчета турбулентного горения, термоакустическая неустойчивость горения, самовозбуждение колебаний газа, автоколебания газа, моды колебаний.

24.04-01.204 Исследование аэроакустических характеристик распределенной силовой установки легкого самолета с коротким взлетом. Чэнь Б., Тимушев С.Ф. Вестник Московского авиац. ин-та. 2024. 31, № 2, с. 7-15. Рус.

Описывается расчетное исследование разницы аэроакустических характеристик между одним воздушным винтом и несколькими воздушными винтами, которые имеют одинаковую суммарную тягу и потребляемую мощность. Аэродинамическое моделирование выполняется от высокой нагрузки до низкой нагрузки на лопасть с одинаковой скоростью вращения путем изменения шага. Результаты моделирования показывают, что чем выше нагрузка на винт, тем выше уровень шума, что вытекает из теории Гутина. По сравнению с одним винтом аэроакустические характеристики нескольких винтов не являются осесимметричными. Независимо от того, высока или мала

нагрузка на винт, уровень шума нескольких винтов всегда выше.

См. также **24.04-01.41, 24.04-01.43, 24.04-01.44, 24.04-01.53, 24.04-01.54, 24.04-01.84, 24.04-01.115, 24.04-01.151**

Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

24.04-01.205 Анализ структуры течения в сверхзвуковом канале с каверной. Селезнев Р.К. Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2024, № 1, с. 83-90. Рус.

Представлены результаты численного исследования сверхзвукового канала с каверной. Рассчитанные спектры колебаний анализируются с использованием быстрого преобразования Фурье. В полученном периодическом автоколебательном режиме можно выделить два типа колебательных мод. Первый тип мод соответствует акустическим колебаниям, вызванным прохождением звуковых волн вдоль каверны и рассчитанных с помощью модифицированной формулы Росситера. Второй тип мод соответствует частотам расходных колебаний, которые вызваны массообменом между каверной и внешним потоком. Показано изменение структуры течения при подаче топлива перед каверной. Активное горение происходит в слое смешения топлива и кислорода из воздуха. Картина течения демонстрирует возникновение неустойчивости Кельвина—Гельмгольца на границе раздела основного потока и прореагировавшего газа. Показано, что увеличение давления подаваемого топлива приводит к уменьшению частоты колебаний и увеличению характерного размера колебаний.

См. также **24.04-01.53, 24.04-01.54, 24.04-01.95, 24.04-01.195, 24.04-01.196, 24.04-01.200, 24.04-01.201**

Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

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

24.04-01.206 Моделирование процесса разрушения слабых горных пород, обладающих пластическими свойствами. Горлов И.В., Митусов П.Е. Вестник Тверского гос. технич. ун-та. Серия: технические науки. 2023, № 4, с. 26-36. Рус.

Предложен новый подход к анализу разрушения слабых горных пород, обладающих пластическими свойствами. Представлен обзор основных теорий разрушения горных пород. Проведен анализ типовых методов измельчения и классификации горных пород. Обоснована необходимость проектирования нового оборудования для переработки слабых горных пород, обладающих пластическими свойствами. Отмечено, что данное оборудование обеспечивает одновременное измельчение и классификацию слабых горных пород. Предложена конструкция измельчителя-классификатора, описан принцип его действия, а также основы инженерных расчетов его параметров.

24.04-01.207 Акустическая эмиссия при непрерывном и ступенчатом одноосном нагружении горных пород. Кульков Д.С., Сычев В.Н. Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2024. 24, № 4, с. 189-197. Рус.

Акустическая эмиссия регистрировалась в процессе одноосного сжатия образцов различных геоматериалов. Эксперименты осуществлялись на малошумной рычажной установке с водяным натеканием, максимальная нагрузка на образец не превышала 250 кН. Часть образцов испытывалась при непрерывно возрастающей нагрузке, другая — при ступенчатом изменении. Исследовалось распределение сигналов акустической эмиссии по энергиям. В качестве энергетической характеристики акустической эмиссии служил квадрат максимальной ам-

плитуды сигнала. Величина деформации образца при ступенчатом нагружении более чем в два раза превышала данный показатель для непрерывного нагружения. Суммарная эмиссия почти в четыре раза больше при ступенчатом режиме нагружения. Активность АЭ также выше в 2 раза при ступенчатом нагружении, причем максимальные значения активности наблюдались не во время пригрузок, как можно было ожидать, а на самих ступеньках, при постоянной величине усилия сжатия. Выявлено уменьшение крутизны линейной части графиков повторяемости для конкретного геоматериала при смене режима нагружения от линейного к ступенчатому, что означает увеличение доли более высокоэнергетических событий при ступенчатом изменении нагрузки. Следовательно, вероятность образования укрупненного дефекта при ступенчатом нагружении горных пород выше, чем при ее непрерывном нарастании. То есть, при ступенчатом режиме нагружении в горных породах облегчается локализация дефектов, повышается энергия акустической эмиссии и склонность материала к хрупкому разрушению.

См. также **24.04-01.112, 24.04-01.124**

Акустические волны в многофазных средах

24.04-01.208 Опрокидывание волн Россби в стратосфере. Часть I. Климатология и долговременная изменчивость. Антохина О.Ю., Гочаков А.В., Зоркальцева О.С., Антохин П.Н., Крупчатников В.Н. Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 5, с. 415-422. Рус.

Процессы разрушения (опрокидывания) планетарных волн Россби (ОВР) вносят значительную изменчивость в стратосферную циркуляцию. Используя метод идентификации ОВР, адаптированный к условиям циркуляции в стратосфере, анализируются климатология и долговременная изменчивость ОВР в средней стратосфере. В основе метода лежит анализ геометрии контуров потенциальной завихренности (PV — potential

vorticity) на уровне 850 К по данным ERA5 для диапазона завихренности 0–400 PVU (единицы PV), выделенного на основании климатологии поля PV. Показано, что ОВР имеет внутрисезонные особенности. Наиболее часто волны разрушаются в северных частях Восточной Азии и Тихого океана с октября по декабрь, а также в апреле и марте; в январе и феврале не выявлено областей с преобладанием процессов ОВР. Мы получили статистически значимое увеличение количества ОВР в начале зимы (октябрь–декабрь) и в конце (март–апрель). Для середины зимы (январь–февраль) были получены незначимые отрицательные тренды. Результаты настоящей работы могут быть использованы при анализе долговременной изменчивости стратосферной циркуляции, в том числе возникновения стратосферных аномалий, предшествующих внезапным стратосферным потеплениям.

См. также 24.04-01.23, 24.04-01.207

Теория линейных и нелинейных волн в геологических структурах

24.04-01.209 Вариации параметров сейсмических волн, связанных с земным ядром. *Овчинников В.М., Усольцева О.А.* *Геология и геофизика.* 2024, № 6, с. 873-885. Рус.

Проведен анализ структуры волнового поля от взрывов на атолле Муруроа на четырех сейсмических станциях ВСАО, КААО, GRFO, BRVK, расположенных на расстояниях 152.1, 152.4, 143.6, 141.7°, соответственно. В качестве основного инструмента изменения схожести сейсмограмм взрывов, проведенных в разное время, использован кросс-корреляционный анализ. Сделан вывод, что изменения корреляционной схожести во времени не противоречат гипотезе о дифференциальном вращении внутреннего ядра Земли в период с 1977 по 1991 г. Продемонстрировано существование структурных особенностей не только во внутреннем ядре, но и во внешнем.

Сейсмическое зондирование геологических структур

24.04-01.210 Применение сеточно-характеристического метода для моделирования распространения упругих волн в геологических средах с наличием трещин с использованием наложенных сеток. *Митьковец И.А.* *Тр. МФТИ.* 2023. 15, № 3(59), с. 23-38. Рус.

Исследование зон геологических разломов важно для определения запасов нефти и газа в месторождениях. Для моделирования рассеяния волн в зонах трещиноватости используют численные методы на структурированных вычислительных сетках для оптимизации вычислительных ресурсов. Однако эти методы позволяют рассчитать рассеяние волн на трещинах только в направлении координатных осей. Чтобы моделировать более реалистичные трещиноватые поля, используют численные методы на неструктурированных вычислительных сетках или структурированных криволинейных вычислительных сетках, требующих больших вычислительных мощностей и важных при решении обратных задач. В данной работе предлагается численный метод с использованием наложенных сеток, где расчеты проводятся на структурированных регулярных вычислительных сетках с наложенными сетками, повернутыми вдоль трещин. Основным фактором является аналитическое задание якобиана вращения объектов, описывающих трещину, и малый локальный размер наложенных вычислительных сеток для экономии вычислительных ресурсов.

24.04-01.211 Восстановление данных о разности времен прихода продольной и поперечной сейсмических волн на сейсмических датчиках. *Асламов Т.Г.* *Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр.* 2022, № 3, с. 4-17. Рус.

Разработан метод восстановления данных на сейсмическом датчике, с помощью искусственных нейронных сетей смоделирована его работа. Для обучения искусственной нейронной сети выбраны два параметра: интервал времени между регистрациями на сейсмографе продольной (первичной) и поперечной (вторичной) сейсмических волн, а также интервал времени

между регистрациями первичной сейсмической волны на двух сейсмографах, удаленных друг от друга. Для восстановления информации на сейсмографах использованы данные по 2636 землетрясениям, произошедшим в Республике Дагестан в 2020 г. На имеющихся 19 сейсмических станциях зарегистрировано менее 60% общего числа произошедших землетрясений. Обучение нейронной сети проведено дважды для каждого сейсмического датчика. Первый раз с нулевыми значениями разности времен прихода сейсмических волн на сейсмографы, второй раз с восстановленными разностями времен по результатам обучения нейронной сети. Для обучения искусственной нейронной сети в качестве входов использованы интервалы времени между регистрациями волн на сейсмографах, данные которых известны, а в качестве выходов — разности времен, которые необходимо определить. Обученная нейронная сеть имеет коэффициент корреляции с реальными интервалами времени между регистрациями на сейсмографе сейсмических волн, превышающий 0,99919. Приведены графики зависимостей среднеквадратической ошибки работы нейронной сети по эпохам ее обучения, графики соответствия результатов обучения, вычисленных нейронной сетью, и исходных данных, а также гистограммы ошибок работы нейронных сетей.

См. также 24.04-01.209

Исследование геологических сред с использованием сейсмического шума

См. 24.04-01.209

Обратные задачи сейсмоакустики

См. 24.04-01.211

Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

24.04-01.212 Особенности снижения широкополосной передачи вибрации и пульсации рабочей среды через виброизолирующие развязки трубопроводов с жесткостью конструктивными и активными методами. *Кирюхин А.В., Мильман О.О., Птахин А.В., Милосердов В.О.* *Теплофиз. и аэромех.* 2024, № 1, с. 133-144. Рус.

Показано, что передача вибрации и пульсаций давления рабочей среды через виброизолирующие развязки трубопроводов различных установок может увеличиваться на 2–3 порядка с ростом частоты колебаний и при наличии несжимаемой рабочей жидкости. Приведены результаты исследований физических моделей, описывающих это явление. Рассмотрены результаты экспериментального исследования пространственной трехкомпонентной широкополосной активной виброзащитной системы (АВС) гашения вибрации за виброизолирующей развязкой с жидкостью. Получены расчетные зависимости предельной эффективности рассматриваемой АВС от частоты. Показано, что хороший эффект достигается при активном гашении сил по разомкнутой схеме без обратной связи. На экспериментальном стенде при гашении по разомкнутой схеме получена эффективность активного гашения динамических сил по трем направлениям до 10 дБ и более в полосе частот от 5 до 800 Гц (более семи октав). Анализ литературы позволяет считать такой результат уникальным.

24.04-01.213 Расчет величины экранирования при высокочастотном воздействии на нефтяной пласт. *Агаев А.Р., Гильманов А.Я., Шевелёв А.П.* *Вестник Самарского гос. ун-та.* 2024. 30, № 2, с. 67-80. Рус.

В настоящее время существует проблема истощения запасов легкодобываемой нефти. Для поддержания темпов добычи углеводородов в разработку вовлекаются трудноизвлекаемые запасы, значительную часть которых составляют сверхвысоковязкие нефти, добыча которых занимает относительно малую долю в мировом нефтепромысле в связи со сложностью процесса. Методы, существующие на данный момент, не позволяют с достаточной степенью эффективности производить извлечение тяжелой и сверхтяжелой нефти из пластов. Использование

такого метода, как сверхвысокочастотное воздействие, не получило широкого распространения на нефтепромысле, так как для определения оптимальных параметров воздействия необходимо использовать моделирование, что вызывает затруднения с учетом ряда проблем, связанных с особенностью метода. В данной работе рассматривается моделирование процесса сверхвысокочастотного воздействия для повышения эффективности процесса добычи нефти. Статья посвящена моделированию процесса сверхвысокочастотного волнового воздействия на нефтяной пласт с учетом физико-химических параметров залежей в пласте, таких как теплопроводность, диэлектрическая проницаемость нефти и воды (с учетом ее солености) в пласте, в рамках метода с использованием сверхвысокочастотного воздействия впервые определяется величина экранирования материалом труб данного воздействия и оптимальные параметры источника излучения, параметры конструкций труб скважин для эффективного воздействия на залежи нефти с минимальными потерями. Цель работы состоит в определении оптимальных параметров источника сверхвысокочастотного воздействия для достижения рентабельных значений коэффициента извлечения нефти. Применяется физико-математическая модель сверхвысокочастотного воздействия на пласт, основанная на законах электродинамики и плотности объемного тепловыделения в уравнении теплопроводности. Получены зависимости величины экранирования сверхвысокочастотного излучения эксплуатационной трубой скважины от ее толщины, зависимость величины экранирования сверхвысокочастотного излучения эксплуатационной трубой скважины от толщины щели перфорации в данной трубе и зависимость радиуса проникновения электромагнитных волн в пласт от показателя поглощения электромагнитного излучения в пласте. Установлено существование минимального радиуса проникновения СВЧ-излучения в пласт для достижения рентабельных значений коэффициента извлечения нефти свыше 30%, составляющего 57 м, а также определен показатель поглощения СВЧ-излучения пластом, позволяющий достичь указанного значения радиуса проникновения СВЧ-излучения в пласт.

См. также **24.04-01.47**

Акустика Земли и планет

24.04-01.214 Математическая модель гравитационного потенциала планеты с учетом приливных деформаций. *Шатина А.В., Борец А.С. RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2024. 12, № 2, с. 77-89. Рус.

Цели. В работе исследуется гравитационный потенциал вязкоупругой планеты, совершающей движение в гравитационном поле массивного притягивающего центра (звезды), спутника и еще одной или нескольких планет, движущихся по кеплеровским эллиптическим орбитам относительно притягивающего центра. Отличные от вязкоупругой планеты небесные тела моделируются материальными точками. В рамках линейной модели теории вязкоупругости решается задача нахождения вектора упругого смещения. Традиционно для определения гравитационного поля Земли используется модель твердого тела, а учет приливных деформаций отражается в виде малых поправок к коэффициентам модели геопотенциала. В данной работе для учета приливных эффектов используется модель вязкоупругого шара. Актуальность темы исследования связана с высокоточным прогнозированием движения искусственных спутников Земли, высокоточным измерением гравитационного поля Земли. Методы. Используются асимптотические и аналитические методы, разработанные В.Г. Вильке для механических систем, содержащих вязкоупругие элементы большой жесткости, методы классической механики, математического анализа. Построение графиков выполнено с помощью математического пакета

Octave. Результаты. На основе решения квазистатической задачи теории упругости путем вычисления тройных интегралов по шаровой области получена формула для гравитационного потенциала деформируемой планеты, а также вычислен гравитационный потенциал Земли с учетом твердотельных приливных эффектов от Луны, Солнца и Венеры во внешней точке. Построены графики, показывающие зависимость гравитационного потенциала Земли от времени. Выводы. Из полученных теоретических и численных результатов следует, что основной вклад в гравитационный потенциал Земли вносят Луна и Солнце. Влияние других планет Солнечной системы мало. Значение гравитационного потенциала во внешней точке Земли с учетом приливных эффектов зависит как от положения точки в подвижной системе координат, так и от взаимного расположения небесных тел.

24.04-01.215 Об интерполяции гравитационного поля Земли. *Кузнецов А.А., Фужин И.И., Вафин К.М., Завьялова Н.А., Негодяев С.С. Тр. МФТИ.* 2023. 15, № 4(60), с. 121-131. Рус.

Для прецизионного прогнозирования орбит в околоземном пространстве необходимо вычисление тяготения Земли с высокой точностью. Расчет гравитационного потенциала и его градиента может быть наиболее затратной стадией интегрирования уравнений движения. В работе исследована возможность интерполяции гравитационного потенциала с целью ускорения построения траекторий. В качестве интерполянтов рассматривались трикубический сплайн и интерполюнт на узлах Чебышева—Лиссажу. Авторы оценили ошибки интерполяции и необходимый объем информации для хранения интерполянтов.

24.04-01.216 Сверхнизкочастотные всплески в резонаторе Земля-ионосфера с неоднородностью день-ночь. *Галюк Ю.П., Николаенко А.П., Хайкава М. Известия вузов. Радиофизика.* 2024. 67, № 4, с. 339-362. Рус.

Впервые численно моделируется распространение всплесков сверхнизкочастотных (СНЧ) излучений в полости Земля-ионосфера с неоднородностью день-ночь. Дневное и ночное полушария отличаются вертикальным профилем проводимости средней атмосферы. Используется модель плавного ионосферного перехода день-ночь. Параметры волновода в дневных и ночных условиях вычисляются методом полного поля в форме дифференциального уравнения Риккати и затем используются в двумерном телеграфном уравнении, которое решается численно, что позволяет получить комплексные спектры вертикальной электрической компоненты поля. Найденное решение проверяется сопоставлением с опубликованными данными. Искомые волновые формы СНЧ всплесков вычисляются с помощью обратного преобразования Фурье от комплексных спектров, рассчитанных в полосе частот от 1 до 1 000 Гц с шагом 1 Гц. Влияние неоднородности день-ночь оценивается сравнением волновых форм импульсов на различных трассах распространения и сопоставлением двумерных распределений поля в полости Земля-ионосфера для фиксированных моментов времени. Модальные волновые формы СНЧ всплесков в неоднородной полости Земля-ионосфера получены впервые. Показано, что неоднородность день-ночь приводит к зависящим от времени смещениям антиподного всплеска импульсного поля относительно геометрического антипода источника. В отрицательной и положительной полуволне СНЧ всплеска наблюдается модуляция амплитуды, приуроченная к окрестности ионосферной неоднородности. Форма импульсов зависит от направления прихода к наблюдателю относительно линии терминатора. Характер изменений волновых форм СНЧ всплесков указывает на возможность использования решений для однородного резонатора для определения расстояния источник-приёмник в реальном резонаторе. В работе обсуждаются перспективы экспериментального обнаружения влияния неоднородности день-ночь на форму СНЧ всплесков.

См. также **24.04-01.208**

Акустическая экология; Шумы и вибрации

Шумы и вибрации в воздушной среде

24.04-01.217 Анализ акустической обстановки на улицах промышленного города (на примере Муром). Булкин В.В., Калининченко М.В. *Экологические системы и приборы.* 2024, № 5, с. 3-9. Рус.

Акустический шум продолжает оставаться одним из самых значимых внешних факторов, оказывающих воздействие на человека. Под его воздействием усиливается раздражительность, снижается работоспособность, формируются профессиональные заболевания работников в различных отраслях производства, повышается утомляемость простых жителей городов. В городской среде одним из основных источников акустического шума является транспорт различного вида. В работе проводится анализ шумовой обстановки на территории одного из городов Владимирской области — Муром. На основе анализа транспортных потоков выявлены узлы напряженности с точки зрения интенсивности движения по основным транспортным артериям города. Представлены результаты измерений уровня шума в этих зонах. Измерения проводились в периоды 7—9 часов, 11—13 часов и 17—19 часов, в рабочие дни: в понедельник, среду и пятницу. Показано, что превышение уровня санитарных норм при интенсивном движении автотранспорта может быть существенным (от 22 до 38 дБ). Ключевые слова: акустический шум, транспортные потоки, измерение уровня шума, распространение шума, фоновые значения, средние значения уровня шума.

24.04-01.218 Подходы к оценке шумового воздействия на зеленых территориях города. Марголина И.Л., Горещкая А.Г. *Экологические системы и приборы.* 2024, № 7, с. 15-20. Рус.

Оценка шумового воздействия на территорию стала важной составляющей комплексного экологического исследования. Распространение шумового воздействия зависит от технических, природных и градостроительных факторов, обуславливающих его высокую пространственно-временную динамику. В работе рассмотрены основные подходы к оценке шумового воздействия на зеленой территории, базирующиеся на разных источниках информации на основе: полевых измерений уровня шума, моделирования распространения шума, сравнительной оценки источников шума и шумопоглощающих свойств территории. На примере территории Ботанического сада МГУ демонстрируются возможности оценочного подхода. Этот подход позволяет оценить пространственное изменение шумового воздействия на зеленых территориях города, на основе предлагаемого показателя шумовой комфортности. Проведено зонирование территории Ботанического сада, выделены наиболее и наименее комфортные участки по уровню шумовой комфортности. Ключевые слова: шумовое воздействие, оценка воздействия, источники шума, городская территория, зеленые территории, шумовая комфортность.

24.04-01.219 Технико-экономическое обоснование выбора между активными и пассивными методами шумо- и вибро-подавления в цехах розлива жидкостей. Будовский А.В., Булыгин Ю.И., Сафронов А.Е. *Инженерный вестник Дона.* 2024, № 9, http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_27N8y24_budovskiy_bulygin_safronov.pdf_5ec61cd042.pdf. Рус.

Безопасность труда — один из важных аспектов организации труда на производстве. Отечественные машины и агрегаты, эксплуатирующиеся в пищевой промышленности, пока не позволяют исключить воздействие вредных и опасных производственных факторов, сделать труд сотрудников безопасным. В данном контексте важны исследования активных и пассивных методов шумо- и вибро-подавления, их эффективности при обеспечении нормализованных условий труда рабочих на

примере конкретного производства. Существующие исследования, как правило, при выборе методов защиты фокусируются на одном критерии. Однако, при решении данной задачи, целесообразен комплексный подход. Целью данного исследования являлся выбор рационального метода защиты персонала от воздействия шумового фактора и вибрации на основе экономического обоснования эффективных технических решений. Полученные результаты исследования позволяют при проектировании системы безопасности учитывать критерии оценки обоснованности и приемлемости выбора того или иного метода защиты, в том числе с позиций технико-экономического расчета. Приведенное исследование показало целесообразность импортозамещения в отрасли пищевкусовой промышленности, а также корреляцию между вводимыми системами защиты и повышением уровня безопасности. Приведенный алгоритм технико-экономического обоснования обладает свойствами масштабности и обобщенностью. Его можно успешно реализовать при выборе методов защиты от воздействия других вредных производственных факторов, встречающихся в различных отраслях промышленности. Ключевые слова: акустический фактор, методы защиты, активный и пассивный методы, экономическое обоснование, уровни звукового давления, экспериментальные данные.

24.04-01.220 Расчет максимального звукового давления выброса пара из котлоагрегата ТЭЦ. Реев В.Г., Гунасекара У.Д.С. *Вестник Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова.* 2024, 21, № 2, с. 71-76. Рус.

Рассмотрена проблема шумового воздействия работы ТЭЦ на человека и прилегающие населенные пункты. На энергогенерирующих объектах мощным источником шума является процесс сброса пара из котлоагрегатов. Данный процесс возникает при аварийных ситуациях в целях снижения давления и при растопке. При сбросе из котлоагрегатов через ГПК недорасширенный и неизотермический поток пара с высокой скоростью, давлением и температурой издает шум, равноценный по характеристикам со звуком реактивного двигателя. Для выполнения расчетов произведен запрос данных о параметрах пара перед ГПК со станции Выборгской ТЭЦ-17, входящей в состав энергогенерирующей компании ПАО «ТГК-1» в г. Санкт-Петербурге. Проведен расчет максимального значения звукового давления сброса пара из котлоагрегатов. Определены уровни звукового давления при различных октавных уровнях со среднегеометрическими частотами в диапазоне от 31,5 до 8000 Гц. Построен график зависимости уровня звукового давления от октавного уровня. Выявлено, что шум сброса пара имеет высокочастотный характер, экстремум значения возникает при частоте 1000 Гц и равен 161,3 дБ для котлоагрегатов № 4, 5, 6 и 158,7 дБ для котлоагрегатов № 1, 2, 3. Для сравнения: уровень звукового давления шума реактивного двигателя самолета равен примерно 160 дБ. Для уменьшения вредного воздействия шума на человека и прилегающие населенные территории вблизи станции рекомендуется установка специальных средств гашения — шумоглушители.

См. также 24.04-01.170, 24.04-01.197

Подводные шумы и вибрации

См. 24.04-01.42

Структурная акустика и вибрации

См. 24.04-01.21, 24.04-01.89

Поглотители слабых и интенсивных акустических волн

См. 24.04-01.121

Акустика помещений; Музыкальная акустика

Общие вопросы строительной акустики

24.04-01.221 Изменение значений частот собственных колебаний зданий и сооружений в зависимости от внешних факторов. *Селезнев В.С., Лисейкин А.В., Кокочкин И.В., Соловьев В.М. Геология и геофизика. 2024, № 7, с. 1036-1044. Рус.*

Работа посвящена развитию метода инженерно-сейсмического мониторинга, разработанного в ФИЦ ЕГС РАН. В предыдущие годы был создан и внедрен в практику «метод стоячих волн», позволяющий выделять собственные моды колебаний зданий и других инженерных сооружений. Были изучены и определены собственные колебания сотен различных объектов (здания, мосты, плотины и др.). Предполагалось, что по изменению значений частот собственных колебаний удастся контролировать физическое состояние изучаемых строений в процессе эксплуатации, а именно своевременно обнаруживать появление дефектов в конструкциях, предупреждая риск их разрушения. Но оказалось, что не так все просто: колебания значений частот закономерно связаны с изменениями в среде вокруг изучаемых объектов. Приводятся примеры этих связей, изучается влияние на частоты собственных колебаний изменение температуры окружающей среды, массы объектов,

осадков.

См. также **24.04-01.83**

Общие вопросы музыкальной акустики

24.04-01.222 К вопросу о звучании речи и фортепиано. *Зверев В.А., Малезанов А.И. Акустический журнал. 2024, 70, № 2, с. 283-288. Рус.*

Рассмотрен вопрос слухового восприятия звуков речи и фортепиано, имеющих относительно слабый уровень основного тона на фоне высоких гармоник (формант голосовых связок и обертонов струны, соответственно). Показано, что слышимый спектр этих звуков является спектром огибающей интерференции колебаний соответствующих гармоник. Этот спектр содержит основной тон как доминирующий звук, который хорошо слышен в речи и в музыке, в то время как форманты и обертоны, изначально доминирующие в спектре звука речи и музыки, влияют преимущественно на тембр основного тона. На уровне гипотезы указано, что огибающая интерференции колебаний выделяется (детектируется) при этом в результате распространения звуковых волн в нелинейной среде жидкости улитки внутреннего уха.

Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

Компьютерная обработка результатов эксперимента

См. **24.04-01.130, 24.04-01.145**

Численное решение обратных задач

См. **24.04-01.26**

Акустическая голография и томография

См. **24.04-01.27**

Акустика живых систем; Биологическая акустика

Распространение акустических волн в тканях и органах

См. **24.04-01.145**

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

См. **24.04-01.52**

Речеобразование и восприятие речи

24.04-01.223 Адаптивное шумоподавление для надежного распознавания речи в условиях шума. Adaptive noise cancellation for robust speech recognition in noisy environments. *Каратуян Д.С. Ученые записки ЕГУ, физико-математических наук. 2024, 58, № 1, с. 22-29. Англ.*

Рассматриваются проблемы, которые появляются при объединении моделей шумоподавления и автоматического распознавания речи (АРР). Когда эти модели объединяются напрямую, производительность распознавания слов часто страдает из-за изменения распределения входных данных. Чтобы преодолеть это ограничение, в данной статье рассматривается новый метод объединения этих моделей, который повышает способность модели АРР хорошо работать в шумной среде. Ключевой особенностью предлагаемого метода является введение механизма управления агрессивностью шумоподавления. Этот механизм позволяет настроить процесс снижения шума в соответствии с конкретными требованиями модели АРР без необходимости какого-либо переобучения. Это преимущество делает

данный метод применимым к любой модели АРР, облегчая его реализацию в практических сценариях.

24.04-01.224 Математический аппарат и технологическая инфраструктура системы прогнозирования голосовых дипфейков. *Пономарёв К.Г., Верещагина Е.А. Инженерный вестник Дона. 2024, № 6, http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_24N6y24_Ponomarev_Vereshagina.pdf_305bc85b2d.pdf. Рус.*

Рассмотрены математические модели по сбору и обработке голосового контента, на основании которых разработана принципиально-логическая схема системы прогнозирования синтетических голосовых дипфейков. Проведены эксперименты выбранных математических формул и наборов библиотек языка программирования «Python», позволяющих проводить в режиме реального времени анализ звукового контента в организации. Рассмотрены программные возможности нейронных сетей по выявлению голосовых дипфейков и сгенерированной синтетической (искусственной) речи и определены основные критерии исследования голосовых сообщений. По результатам проведенных экспериментов сформирован математический аппарат, необходимый для положительных решений задач по выявлению голосовых дипфейков. Сформирован перечень технических стандартов, рекомендованных для сбора голосовой информации и повышению качества информационной безопасности в организации.

24.04-01.225 Нейросетевая детекция голосовой активности для распознавания речи в реальном времени (. *Петряшин И.Е., Юдин Д.А. Тр. МФТИ. 2023, 15, № 4(60), с. 49-57. Рус.*

Исследуется задача распознавания речи в зашумленной среде

в реальном времени. Предлагается оригинальный подход адаптации современных нейросетевых алгоритмов детекции голосовой активности RealVADR для решения задачи распознавания речи в реальном времени с использованием обработки интервалов звука. Рассматривается влияние параметров данного алгоритма на качество распознавания речи, а также методы оптимизации его параметров. Проведены эксперименты как на существующем открытом наборе данных CommonVoice, так и на нескольких собственных наборах данных, собранных в шумной робототехнической среде. Они показали, что применение предложенного подхода позволяет получить в реальном времени качество распознавания, сравнимое с офлайн-распознаванием.

24.04-01.226 Речь взрослых в разных эмоциональных состояниях: временные и спектральные характеристики. *Куражова А.В. Акустический журнал.* 2024. 70, № 1, с. 104-112. Рус.

Работа направлена на определение индивидуальных особенностей речи взрослых в разных эмоциональных состояниях. Изучены акустические характеристики речи 12 взрослых носителей русского языка. Проведена аудиозапись речи информантов при произнесении текста-бессмыслицы в эмоциональных состояниях: радость, гнев, печаль, страх, нейтральное. Временные и спектральные характеристики речи анализировали в звуковом редакторе Cool Edit Pro. В речи мужчин максимальный диапазон частоты основного тона выявлен в высказываниях, произнесенных в нейтральном состоянии и состоянии радости, минимальный — в состоянии печали. Для женской речи — максимальный диапазон частоты основного тона в состоянии радости и в состоянии гнева, наименьший — в состоянии печали и в нейтральном состоянии. Диапазон частоты основного тона в женской речи больше, по сравнению с мужской. Для 7 информантов показано, что длительность высказываний в состоянии печали была больше по сравнению с другими состояниями, а в состоянии радости — минимальна. Как мужские, так и женские высказывания в состоянии радости характеризовались максимальными значениями диапазона частоты основного тона, в состоянии печали, наоборот минимальными, паузы между словами в высказываниях в состоянии печали выявлены как у мужчин, так и у женщин. Таким образом, выявлены различия во временных и спектральных характеристиках высказываний в разных эмоциональных состояниях. Определены индивидуальные особенности проявления эмоционального состояния в речи взрослых.

24.04-01.227 Распознавание личности по голосу на базе параметров спектральной модели голосового источника. *Макаров И.С., Осипов Д.С. Акустический журнал.* 2024. 70, № 1, с. 113-119. Рус.

Исследована информативность параметров спектральной модели голосового источника в задаче автоматического распознавания личности по голосу. Для голосовых параметров ошибка распознавания личности составила 20,8%; совместное использование этих параметров с периодом основного тона понизило ошибку до 13,8%. Наконец, совместное использование параметров спектральной модели с периодом основного тона и мел-частотными кепстральными коэффициентами обеспечило наивысшую точность (ошибка распознавания составила 1,2%).

См. также **24.04-01.222**

Физиологическая и психологическая акустика

24.04-01.228 Влияние вибрации на морфогенез зубных зачатков и минеральный обмен. *Залавина С.В., Апраксина Е.Ю., Саматова И.М., Елясин П.А., Изюмов А.О. Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета.* 2024. 24, № 5, с. 172-177. Рус.

Выявляются структурные особенности зубных зачатков и изменения минерального обмена в системе “мать—плод” при действии промышленной вибрации. Эксперимент проведен на крысах Wistar. Вибровоздействие в ходе беременности осуществлялось на вибростенде, моделирующем вибрацию категории 3 А (общая технологическая) в течение 60 минут в период с 9 по 18-е сутки беременности. Для исследования использовали две группы плодов: 1-я группа — плоды от интактной беременности, 2-я группа — плоды от беременности в условиях вибрации. На 20-е сутки животных выводили из эксперимента. Для исследования под световым и электронным микроскопом забирали зубные зачатки. Для измерения толщины предентина, эмали и слоя энамелобластов при световой микроскопии в составе зубных зачатков использовалась программа ImageJ 1.54d. Определение площади компонентов зубных зачатков при световой микроскопии проводили методом точечного счета с использованием квадратной тестовой системы на 88 точек. Определение содержания Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, P, Pb, Se, Zn в печени самок проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой. Определены особенности строения развивающихся зубных зачатков и минерального обмена в системе “мать—плод” при вибровоздействии. Выявленные перестройки свидетельствуют о нарушении микроциркуляции, развитии гипоксии в тканях зубных зачатков плода и ускоренном дентиногенезе. Снижались концентрации эссенциальных элементов Ca, Mg, Fe и увеличивалось содержание Cu, Cd, Pb.

См. также **24.04-01.226, 24.04-01.227**

Физические основы технической акустики

Устройства для генерации, репродукции, приема акустических сигналов

См. **24.04-01.141**

Акустические измерения и аппаратура

24.04-01.229 Визуализация и характеристика малых объектов в линзовом акустическом микроскопе с двумерной решеткой. *Титов С.А., Богаченков А.Н. RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2018. 6, № 6, с. 66-73. Рус.

Обсуждается применение линзового многоэлементного акустического микроскопа для визуализации и количественной характеристики неоднородностей, размеры которых сравнимы с пространственной разрешающей способностью. В параксимальном приближении найдено, что регистрируемый пространственно-временной сигнал ультразвуковой решетки

микроскопа может рассматриваться как оценка функции рассеяния визуализируемых объектов. Теоретически установлено, что функции рассеяния наблюдаемых неоднородностей могут быть использованы для интерпретации особенностей, наблюдаемых в формируемых акустических изображениях. Показано, что конечный размер элементов решетки ограничивает угловую разрешающую способность метода, приводя к сглаживанию результатов измерения функции рассеяния. Экспериментальная апробация предложенного метода выполнена с помощью разработанного прототипа микроскопа с двумерной решеткой квадратных элементов и полистироловой сферической акустической линзой. Подтверждено в эксперименте, что пространственная разрешающая способность прибора соответствует теоретической оценке, получаемой по классическому критерию. Приведены результаты формирования изображений малых плоских отражателей с разными углами наклона, полученные путем электронного сканирования. Показано, что сигнал решетки, являющийся оценкой функции рассеяния, является более информативным для количественной характеристики малых неоднородностей по сравнению с их акустическими изображениями. Ключевые слова: акустическая микроскопия, ультразвуковая решетка, количественная характеристика.

24.04-01.230 Пропускная способность гидроакустического канала связи. Денисов В.Е. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2023, 11, № 1, с. 31-40. Рус.

Пропускная способность является важной характеристикой любого канала связи, так как определяет предельную скорость передачи информации в нем. Основная цель работы — определение пропускной способности гидроакустического канала связи при ограничении на среднюю интенсивность передаваемого сигнала. Дополнительной задачей являлось определение оптимального спектра передаваемого сигнала и расчет граничных частот этого спектра. Была рассмотрена модель однолучевого канала, характерная для глубокого моря, когда приемник или передатчик расположены на достаточной глубине. Методы. Использованы положения прикладной гидроакустики, теории случайных процессов и теории информации. Результаты. Получено выражение для коэффициента передачи гидроакустического канала связи и новое выражение для спектрального уровня шумов моря, обусловленных волнением поверхности моря. На основе кусочно-линейной аппроксимации кривых спектральных уровней шумов турбулентности, судоходства, волнения моря и теплового шума моря определена спектральная плотность интенсивности шума моря. Получены зависимости пропускной способности гидроакустического канала от дальности связи, интенсивности передаваемого сигнала и состояния поверхности моря. Определены нижняя и верхняя частоты оптимального спектра передаваемого сигнала и оптимальный спектр. Исследована зависимость коэффициента использования полосы частот от интенсивности входного сигнала для разных значений дальности связи. Выводы. Использование коэффициента затухания Франсуа—Гаррисона позволило связать пропускную способность канала с параметрами морской среды: температурой, соленостью, значением водородного показателя в исследуемом районе. При заданной интенсивности входного сигнала пропускная способность существенно уменьшается с ростом дальности и усилением волнения моря. Показано, что с ростом расстояния ширина оптимального спектра уменьшается. Отмечается значительное влияние шума от волнения моря на форму оптимального спектра и значения его граничных частот. Было установлено, что возможны случаи увеличения коэффициента использования полосы частот ростом дальности при заданной интенсивности входного сигнала.

24.04-01.231 Программно-архитектурная конфигурация многофункционального ADSP-модуля сигнального медиатестирования аудиоустройств. Геворкян А.В., Костин М.С., Войков К.А. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2024, 12, № 1, с. 30-58. Рус.

Цель статьи — программно-архитектурная разработка и параметрический анализ многофункционального аудиомодуля на базе ADSP-процессора (audio digital signal processor) ADAU1701 в среде SigmaStudio для тестирования аудиоустройств в следующих режимах: маршрутизация балансных и небалансных аудиоканалов по дифференциальной схеме «Di-Box/R Di-Box»; пространственно-временная и динамическая аудиообработка; трехполосное моноканальное кросс-разделение с независимой эквализацией; коррекция амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) аудиоканала со следящим режекторным автоподавлением электроакустической положительной обратной связи (ПОС) в заданной спектральной полосе. Методы. Использованы методы визуально-графического архитектурного программирования аудиомодулей в программных средствах SigmaStudio и Flowstone, алгоритмы сигнальных аудиозмерений и анализа экспериментальных данных в REW и Soundcard Oscilloscope. Результаты. Исследованы характеристики схемы «Di-Box/R Di-Box» для оценки влияния дифференциального преобразования сигнала на отношение сигнал/шум в аудиоканале. Приведены характеристики submodule реверберации и сатурации. Показано влияние режимов эквализации на коррекцию АЧХ студийного аудиомонитора. Исследовано воздей-

ствие аудиокомпрессора на динамический диапазон и уровень выходного сигнала. Проведены результаты экспериментального исследования submodule компенсационной коррекции АЧХ аудиомонитора при помощи согласованной фильтрации, а также получены спектральные характеристики submodule автоподавления электроакустической ПОС. Выводы. Разработана программная архитектура многофункционального аудиомодуля на ADSP-процессоре ADAU1701 для тестирования и отладки медиаустройств в заданном спектрально-динамическом диапазоне. Балансная маршрутизация в 20 раз снижает влияние наводимых на аудиоканал шумов, что позволяет калибровать звукоснимающие аудиоустройства. Submodule аудиообработки обеспечивает компрессионную характеристику с динамическим диапазоном от -27 до 18.6 дБ с возможностью эквализационной параметризации в диапазоне 0.04 — 18 кГц; реверберационную характеристику в диапазоне 0.5 — 3000 мс; аудиоканальное кросс-разделение на 3 частотных поддиагона с регулировкой АЧХ в динамическом диапазоне от -30 до 30 дБ. Submodule автокоррекции АЧХ позволяет снизить на 40 дБ динамическую неравномерность АЧХ. Submodule автоподавления электроакустической ПОС обеспечивает режекторное формантоподавление до -100 дБ при входном динамическом диапазоне от -50 до 80 дБ.

24.04-01.232 Линзовый акустический микроскоп с линейной решеткой в режиме измерения параметров слоистых объектов. Туттов С.А., Маев Р.Г., Богаченков А.Н. *Вестник Гродненского государственного ун-та им. Янки Купалы. Серия 2. Математика. Физика. Информатика, компьютерная инженерия и менеджмент.* 2016, 6, № 2, с. 25-30. Рус.

Предложен акустический микроскоп с ультразвуковой решеткой и цилиндрической линзой, предназначенный для количественной характеристики слоистых областей исследуемого объекта. Разработан метод определения по регистрируемому пространственно-временному сигналу решетки микроскопа толщины слоя и скоростей продольной и поперечной волн в материале слоя. На примере тестового образца показано, что погрешность измерений составляет примерно 1% для толщины и скорости продольной волны и 3% — для скорости поперечной волны. Ключевые слова: акустическая микроскопия, ультразвуковая решетка, количественная характеристика.

24.04-01.233 Аппаратный комплекс АКУСТПОЛ для определения упруго-анизотропных свойств твердых материалов. Горбачевич Ф.Ф., Ковалевский М.В. *Инженерная физика.* 2024, № 8, с. 3-13. Рус.

Ультразвуковые приборы отличает возможность получения данных высокой точности и надежности о свойствах и структуре материалов. Однако существующая аппаратура с применением только продольных волн не совсем пригодна для изучения параметров анизотропных материалов. Использование сдвиговых (поперечных) волн открывает новые перспективы при исследовании этих материалов. На основе акустополаризационного метода разработан аппаратный комплекс АКУСТПОЛ, который позволяет определить число и направленность элементов упругости как высоко, так и низко симметричных образцов анизотропных материалов, оценить степень их неоднородности. Ключевые слова: комплекс АКУСТПОЛ, преобразователь, сдвиговые волны, акустополарископ, упругая анизотропия, кристалл, горная порода, образец.

24.04-01.234 Методика проектирования системы неразрушающего контроля технического состояния изоляции оборудования подстанций на основе решения задачи локализации источников разрядов. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф., Иванов Д.А., Галиева Т.Г., Андреев Н.К., Любимов А.А., Вагапов А.И., Кочеткова А.А. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.* 2024, № 3, с. 58-66. Рус.

Рассматриваются частные задачи локализации источников разрядов с помощью модулей акустических и электромагнитных датчиков, математическая модель локализации источника разрядов, геометрически находящегося в плоскости трех датчиков; модель локализации источника разрядов в трехмерном пространстве с помощью четырех датчиков; поиск рациональ-

ного расположения этих четырех датчиков по критерию минимума относительной методической ошибки локализации источника разрядов; поиск путей рационального расположения приемных модулей системы неразрушающего контроля изоляционного оборудования подстанции. Ключевые слова: неразрушающий контроль, локализация, источники разрядов, датчики, модули-приемники, рациональное взаимное расположение.

24.04-01.235 О принципиальном влиянии шума бурения на акустический канал связи в бурильной колонне. *Вахтин В.К., Дерябин М.С., Касьянов Д.А., Манаков С.А., Шахуров Д.Р. Известия вузов. Радиофизика.* 2024. 67, № 3, с. 223-235. Рус.

С развитием технологии бурения скважин возрастает потребность получения геофизических данных об этом процессе в реальном времени. Наиболее перспективным каналом передачи данных с забоя скважины на поверхность, по всей видимости, является акустический канал связи по элементам конструкции бурильной колонны. Имеющиеся на данный момент оценки предсказывают скорость передачи данных по подобному каналу связи до нескольких сотен бит в секунду. При проектировании акустического канала связи и расчёте его пропускной способности, как правило, полагают, что шум, связанный с процессом бурения, является аддитивным случайным гауссовым процессом. При этом прямые измерения шумов бурения в широком диапазоне частот показывают, что это не так. Имеется высокая вероятность появления высокоамплитудных всплесков, и на малых временах средний уровень вибраций сильно изменчив. Данная работа посвящена исследованию влияния реальных шумов бурения на акустический канал связи. Для этого была разработана цифровая модель, учитывающая экспериментальные данные о шумах бурения, которые записывались в течение длительного времени в натуральных экспериментах. Представлены результаты моделирования вероятности битовой ошибки при различных подходах к помехоустойчивому кодированию, проведено сравнение с гауссовым каналом. Показано, что на качество акустического канала связи оказывает принципиальное влияние отклонение шума, сопровождающего бурение, от нормального случайного процесса.

24.04-01.236 Разработка алгоритма определения неисправности измерительных каналов системы акустического контроля течей. *Коцов К.И., Трыков Е.Л., Кудряев А.А., Перевезенцев В.В. Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр.* 2021, № 3, с. 100-112. Рус.

В настоящий момент на российских и зарубежных АЭС эксплуатируются системы контроля течи теплоносителя первого контура на основе измерения дисперсии генерируемых акустических сигналов (акустических волн), распространяющихся по поверхности металла. В системах акустического контроля течи предусмотрена самодиагностика измерительных каналов, а также применен адаптивный алгоритм, позволяющий автоматически перестроиться на использование соседних измерительных каналов, взамен вышедших из строя. Вместе с тем возможны такие неисправности технических средств системы, которые не позволяют автоматически диагностировать неисправность измерительных каналов, что может привести к невыполнению функции системы по определению величины и координаты течи теплоносителя первого контура. В связи с этим актуальна задача разработки алгоритмов определения неисправности измерительных каналов системы акустического контроля течи, реализуемых с применением программного обеспечения без внесения изменений в технические средства системы. Предложен алгоритм определения неисправности измерительных каналов системы акустического контроля течи с использованием тестового сигнала увеличенной длительности. Проведен анализ применимости алгоритма на представительской выборке сигналов измерительных каналов системы акустического контроля течи энергоблока № 1 Нововоронежской АЭС-2 кампании 2018–2019 гг. Предложенный алгоритм внедрен там же в режиме опробования с началом новой кампании в июле 2019 года.

24.04-01.237 Методика определения частотных характеристик микрофонов в незаглушенном лабораторном помещении, основанная на применении широкополосного сигнала возбуждения. *Кувькин Ю.А., Ольховский А.Н., Супрунов В.В., Соколов И.Н. Вестн. МГТУ.*

Сер. Приборостр. 2021, № 4, с. 169-187. Рус.

Приведена методика определения частотных характеристик микрофонов с применением широкополосного сигнала возбуждения, основанная на методе спектрометрии временных задержек на базе рекурсивного фильтра алгоритма Гёрцея и дополнительного скользящего комплексного взвешенного усреднения в условиях, отягощенных реверберацией звука. Для минимизации влияния отражений при измерениях использована комбинация результатов измерений по полю и давлению. На основе предложенного алгоритма разработано программное обеспечение постобработки результатов измерений при определении частотных характеристик микрофонов в незаглушенном лабораторном помещении. Создан исследовательский измерительный комплекс и проведена экспериментальная апробация разработанной методики и программного обеспечения с определением методической погрешности частотных характеристик микрофонов на основе широкополосного сигнала возбуждения. Разработанная методика с программным обеспечением рекомендована для определения частотных характеристик измерительных микрофонов по полю в незаглушенных ревербирующих лабораторных помещениях без использования вспомогательного оборудования (заглушенной камеры и камеры малого объема) с учетом приведенных в работе практических рекомендаций.

24.04-01.238 Оценка координат подвижных морских роботов с использованием векторно-скалярных антенн, стационарно установленных в глубоком море. *Глебова Г.М., Жбанков Г.А., Кузнецов Г.Н. Акустический журнал.* 2024. 70, № 2, с. 206-216. Рус.

Выполнена экспериментальная проверка возможности оценки координат подвижного малолетного робота с использованием разнесенных в пространстве малогабаритных векторно-скалярных антенн, широкополосного излучателя, размещенного на борту робота, и удаленного полигармонического стационарно установленного излучателя — «маяка», который применяется для устранения смещений пеленгов, вызванных вращением приемных антенн под действием подводных течений. Показано, что применение установленных в волноводе технических средств позволяет решить задачу триангуляции и определить горизонтальные координаты робота, а учет лучевой структуры обеспечивает оценку глубины.

24.04-01.239 Определение дистанции до подводного источника в условиях дальних зон акустической освещенности. *Лободин И.Е., Машошин А.И. Акустический журнал.* 2024. 70, № 2, с. 217-224. Рус.

Обоснован алгоритм определения дистанции до шумящих источников в пассивном режиме работы шумопеленгаторной станции в условиях дальних зон акустической освещенности (ДЗАО), которые наблюдаются в большинстве глубоководных районов Мирового океана. Алгоритм базируется на известной закономерности формирования в условиях ДЗАО лучевой структуры акустического поля сигнала источника на входе приемной антенны. Эта закономерность состоит в том, что при вхождении источника в ДЗАО путем пересечения ее ближней границы максимум энергии его сигнала приходит на антенну по лучам с отрицательными углами скольжения, а при вхождении источника в ДЗАО путем пересечения ее дальней границы — по лучам с положительными углами скольжения. Оценена точность определения дистанции с использованием предложенного алгоритма в случае обнаружения надводного и подводного источника.

24.04-01.240 Об особенностях отражения импульсов поперечных упругих волн от вертикальной трещины. *Данилов В.Н. Контроль. Диагностика.* 2024. 27, № 4, с. 4-15. Рус.

Проведено компьютерное моделирование характеристик импульсных сигналов поперечных волн, отраженных от ребра вертикальной трещины, выходящей на поверхность объекта контроля, и донной трещины с использованием излучаемых импульсов различной длины с узким, средней ширины и широким спектрами. В пределах изменения параметров расчетов установлена особенность отражения импульсов: отношение максимумов огибающих импульсов при отражении от трещины, вы-

ходящей на поверхность объекта контроля, и донной трещины равно примерно 3,40 (10,6 дБ), что совпадает с соответствующим отношением максимумов спектров. По результатам расчетов форм импульсов с частотными спектрами разной ширины при отражении волн от вертикальной трещины обоснована рекомендация не использовать в дифракционно-временном методе длинные импульсы с узкими спектрами с пониженной лучевой разрешающей способностью.

24.04-01.241 Исследования, разработка и внедрение методов и технологий акустической тензометрии разъемных соединений жидкостных ракетных двигателей для космических ракет-носителей. *Клюев В.В., Бобров В.Т., Бобренко В.М., Борисов А.А., Калошин В.А., Лёвочкин П.С., Сладнев А.М. Контроль. Диагностика.* 2024. 27, № 5, с. 30-43. Рус.

Представлен обзор результатов исследований, разработки и внедрения методов и технологий акустической тензометрии разъемных соединений жидкостных ракетных двигателей для космических ракет-носителей. Дано краткое описание методов измерения приращения времени распространения ультразвуковых продольных волн и отношения скоростей продольных и сдвиговых волн. Изложено описание разработанного и введенного в действие ГОСТ Р 52889—2007 «Контроль неразрушающий. Акустический метод контроля усилия затяжки резьбовых соединений. Общие требования». Приведено описание акустических тензометров, в том числе штатно эксплуатирующихся на НПО «Энергомаш». Дано краткое описание специализированной программы «Акустический тензометр», а также комплекта стандартных образцов для контроля работоспособности и предварительной настройки приборов и градуировочного стенда. Описан усовершенствованный специалистами НПО «Энергомаш» метод акустической тензометрии по соотношению скоростей продольных и сдвиговых волн. Применение метода акустической тензометрии затяжки разъемных соединений, наряду с совершенствованием технологии производства жидкостного ракетного двигателя, позволило полностью ликвидировать отказы по протечкам и нарушению герметичности.

24.04-01.242 Об особенностях отражения поперечных волн с линейной поляризацией от шероховатой поверхности трещины. *Данилов В.Н. Контроль. Диагностика.* 2024. 27, № 7, с. 24-30. Рус.

Проведена оценка коэффициента отражения поперечных волн с SV- и SH-линейной поляризацией от статистически неоднородной поверхности, состоящей из рассеивающих линейных элементов с особенностью распределения их высот по нормальному закону в двумерном приближении. Оценка коэффициентов отражения в обратном и прямом направлениях основывается на расчете потока энергии отраженных волн, распространяющегося от неоднородной поверхности, усредненного по возможным значениям высоты отражающих элементов. Теоретически показано и подтверждено экспериментально, что отношение коэффициентов обратного отражения волн SH- и SV-поляризации значительно больше 1, что обеспечивает лучшее обнаружение трещин SH-волнами. Особенность поведения зависимости коэффициентов обратного и прямого отраженного сигнала волн SV-поляризации от среднего квадратического отклонения соответствует результатам теоретических оценок. Коэффициент вариации отношения коэффициентов отражения показывает статистическую стабильность прямого отраженного сигнала, что определяет целесообразность использования такого сигнала для измерения эквивалентной площади отражателя.

24.04-01.243 Разработка алгоритма движения измерительного модуля автоматизированной установки неразрушающего контроля. *Малый В.В., Губин М.С., Костюжин А.С., Федоров А.В., Кичжагулов И.Ю. Автоматрия.* 2024. 60, № 3, с. 120-128. Рус.

Рассматриваются вопросы разработки алгоритма движения измерительного модуля автоматизированной установки неразрушающего контроля качества паяных соединений сопла двигателя. Описан объект контроля, имеющий сложную геометрическую форму и возникающие в процессе изготовления дефекты паяных соединений, такие как непропай, частичный непро-

пай и неспай. Обоснована актуальность разработки, а также проблемы производства и испытаний сопел двигателя, не позволяющих на ранних этапах изготовления сборочных единиц выявлять требуемые дефекты без разрушения целостности сопла двигателя. Описаны существующие подходы в части выбора методов и средств неразрушающего контроля сопел двигателей сложной геометрической формы, выявлены их достоинства и недостатки. Проанализированы существующие проблемы в части автоматизации эхо-импульсного и теневого методов ультразвукового контроля, выявлены достоинства и недостатки предложенных методов. Выявлены основные факторы, снижающие вероятность выявления дефектов, а именно: нестабильность акустического контакта между преобразователем и объектом контроля, а также отклонение акустической оси преобразователя от нормали к поверхности объекта контроля. Определены требования к алгоритму движения измерительного модуля автоматизированной установки неразрушающего контроля с обратной связью, основанной на измеренной при сканировании амплитуде сигнала от конструктивных элементов внутренней структуры сопла двигателя.

24.04-01.244 Исследование образования полиароматических углеводородов и углеродных наночастиц при пиролизе этилена с добавками тетрагидрофурана за ударными волнами. *Дракон А.В., Еремин А.В., Коршунова М.Р., Михеева Е.Ю. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки.* 2023, № 4, с. 79-107. Рус.

В настоящее время активно ведутся поиски веществ, которые могли бы служить альтернативным видом топлива или топливной добавкой, снижающей образование и выбросы углеродных наночастиц. Здесь методами лазерно-индуцированной флуоресценции и лазерной экстинкции исследованы процессы образования полиароматических углеводородов (как предшественников образования конденсированной фазы углерода) и углеродных наночастиц сажи при пиролизе этилена с добавкой тетрагидрофурана. Методом лазерно-индуцированной флуоресценции получены спектральные зависимости лазерно-индуцированной флуоресценции полиароматических углеводородов при различных значениях температуры и стадиях пиролиза, а методом лазерной экстинкции — оптическая плотность реагирующих газовых смесей на длинах волн 405 и 633 нм. Измерения проводились на ударной трубе за отраженными ударными волнами в диапазоне значений температуры 1695—2500 К и давления 2,7—4,1 атм. Показано, что при пиролизе этилена с добавкой тетрагидрофурана процесс сажеобразования интенсифицируется, а температурный диапазон формирования углеродных наночастиц расширяется. Кинетическим моделированием установлено, что ускорение формирования углеродных наночастиц обусловлено образованием метильного радикала и пропилена при пиролизе тетрагидрофурана.

24.04-01.245 Акустическая эмиссия в закрытой сотовой системе, содержащей влагу. *Асеев Е.М., Калашиников Е.В. Вестник государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика.* 2023, № 4, с. 6-18. Рус.

Цель: экспериментальное изучение фазового перехода «кристалл—жидкость» в интервале температур от -10°C до $+25^{\circ}\text{C}$ в замкнутой системе со структурой типа «пчелиных сот», имеющей скопление воды. Процедура и методы исследования. Используются методы акустической эмиссии, индуцированной изменением внешнего температурного поля. Под действием изменяющегося температурного поля внутри сотовой структуры происходит плавление кристаллов льда, вследствие чего излучаются дискретные ультразвуковые импульсы, которые фиксируются акустико-эмиссионной установкой для последующего анализа. Нагрев осуществляется двумя способами: (1) путём релаксации температуры охлаждённых образцов к значениям комнатной температуры; (2) охлаждённые образцы получают дополнительный, принудительный постоянный нагрев, тем самым увеличивается скорость роста температуры. Результаты. Получены зависимости амплитуд и активности (количества импульсов акустической эмиссии в единицу времени) акустических сигналов от времени, а также частотное распределение зафиксированных ультразвуковых импульсов. Показано, что в результате принудительного нагрева наиболее чётко проявляются сигналы, свидетельствующие о фазовом

переходе «лёд-вода» в сотах. Практическая значимость. Проведённые эксперименты показывают, что метод акустической эмиссии при незначительных вариациях температурного поля позволяет обнаруживать дефект в виде наличия влаги в замкнутой сотовой структуре.

24.04-01.246 Преобразование пиксельной структуры в звуковые отображения. Часть 1. Ключников С.А., Калашников Е.В. Вестник государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика. 2023, № 4, с. 64-80. Рус.

Цель. Выявить связь между визуальным и звуковым восприятием. Процедура и методы. При помощи объектно-ориентированного программирования (ООП) языка Python ищется способ преобразования визуального (пиксельного) отображения в звуковое отображение. Применяется ряд современных и функциональных библиотек. Используется современные способы «упаковки» всех программных компонентов в один файл для удобной развёртки программы на электронно-вычислительном устройстве с любой современной операционной системой. Результаты. Создан программный продукт на основе современного ООП языка программирования и функциональных библиотек, позволяющий представить пиксельную структуру визуального изображения в звуковое отображение. Теоретическая и/или практическая значимость исследования заключается в раскрытии современного способа «упаковки» всех программных компонентов в один файл для удобной развёртки программы на электронно-вычислительном устройстве с любой современной операционной системой. Это позволяет преобразовать цветное визуальное изображение с множеством оттенков в звуковое отображение.

24.04-01.247 Преобразование пиксельной структуры в звуковые отображения. Часть 2. Ключников С.А., Калашников Е.В. Вестник государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика. 2024, № 1, с. 33-47. Рус.

Цель. Выявить связь между визуальным и звуковым восприятием. Процедура и методы. При помощи объектно-ориентированного программирования (ООП) языка Python ищется способ преобразования визуального (пиксельного) отображения в звуковое отображение. Применяется ряд современных и функциональных библиотек. Используется современные способы «упаковки» всех программных компонентов в один файл для удобной развёртки программы на электронно-вычислительном устройстве с любой современной операционной системой. Результаты. Создан программный продукт на основе современного ООП языка программирования и функциональных библиотек, позволяющий представить пиксельную структуру визуального изображения в звуковое отображение. Теоретическая и/или практическая значимость исследования заключается в раскрытии современного способа «упаковки» всех программных компонентов в один файл для удобной развёртки программы на электронно-вычислительном устройстве с любой современной операционной системой. Это позволяет преобразовать цветное визуальное изображение с множеством оттенков в звуковое отображение.

См. также **24.04-01.20, 24.04-01.82, 24.04-01.112, 24.04-01.119, 24.04-01.130, 24.04-01.141, 24.04-01.155, 24.04-01.161, 24.04-01.165, 24.04-01.202**

Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

См. **24.04-01.142, 24.04-01.155, 24.04-01.202, 24.04-01.234, 24.04-01.235, 24.04-01.236, 24.04-01.240, 24.04-01.241, 24.04-01.242, 24.04-01.243, 24.04-01.244, 24.04-01.245**

Акустические методы обработки материалов и изделий

См. **24.04-01.146**

Акустические технологии в промышленности

24.04-01.248 Технология автоматизированного изготовления лёгких заполнителей многослойных звукопоглощающих конструкций из полимерных композиционных материалов. Захаров А.Г., Писарев П.В. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Аэрокосмическая техника. 2024, № 1(76), с. 78-88. Рус.

Актуальность исследования обусловлена ужесточением норм международной организации гражданской авиации ИКАО по шуму самолетов на местности. С 2018 г. для среднемагистральных самолетов весом до 55 т. Требования по уровню шума становятся жестче на 7 EPN дБ и этим нормам не соответствует большинство зарубежных, и ни один эксплуатируемый ныне самолет российского производства. В связи с этим, под угрозой ставится конкурентоспособность отечественной гражданской авиации на мировом рынке. Для решения проблемы требуется серьезная интенсификация усилий в разработке подходов проектирования и изготовления звукопоглощающих конструкций для авиационных двигателей нового поколения. К звукопоглощающим конструкциям для облицовки стенок каналов силовых установок самолетов выдвигаются высокие требования: они должны иметь минимальную толщину и массу, выдерживать большие давления и температурные колебания, противостоять выдуванию при высоких скоростях газового потока и, конечно, обладать высокой звукопоглощающей способностью. Требуется разработка новых технологий и оборудования для изготовления таких конструкций для перехода к новым многослойным конструкциям с лёгким внутренним наполнителем. Технологии изготовления широко распространённых конструкций наполнителей, таких как сотовые, трубчатые, складчатые, отработаны, но имеют свои недостатки. В рамках настоящей работы разработаны два конструкторско-технологических решения звукопоглощающих конструкций с ячеистым наполнителем. Проведён сравнительный анализ технологических процессов изготовления ячеистых наполнителей. Разработаны ручная и автоматизированная технологии изготовления и оснастка для изготовления ячеистых звукопоглощающих конструкций. Проведены технологические эксперименты по анализу температурного воздействия на модельные образцы, изготовленные из стеклопластикового препрега. Определено минимальное время температурного воздействия на модельные образцы, обеспечивающее минимальную степень отверждения. Получена зависимость энтальпии реакции, степени превращения образцов препрега стеклопластика от времени нагрева. Разработана конструкция и способ получения ячеистого наполнителя. Ключевые слова: звукопоглощающая конструкция, полимерный композиционный материал, ячеистый наполнитель, изготовление образцов наполнителя и звукопоглощающей конструкции, автоматизированная технология изготовления, ручная технология изготовления, технологический процесс, автоматизированная линия изготовления, конструктивно-технологическое решение, параметры технологического процесса.

См. также **24.04-01.146**

Акустический мониторинг технологических процессов

См. **24.04-01.219, 24.04-01.235, 24.04-01.248**

Акустическая метрология и калибровка

24.04-01.249 Исследование рабочего эталона звукового давления с элементами встроенного контроля для поверки конденсаторных микрофонов. Кувшикин Ю.А., Ольховский А.Н. Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр. 2022, № 3, с. 43-60. Рус.

Приведены результаты исследований рабочего эталона звукового давления для поверки измерительных микрофонов и микрофонных конденсаторных капсул с элементами встроенного контроля, позволяющими повысить точность измерений при определении частотных характеристик уровня чувствительности микрофонов и увеличить интервал между поверками применяемого эталона. На основе опыта применения рабочих эта-

лонов звукового давления (измерительных виброакустических систем ВС-321) в практике поверочных лабораторий и в результате периодических ежегодных поверок выявлены следующие недостатки виброакустических систем: снижение точности измерений звукового давления в воздушной среде и возникновение неконтролируемого временного дрейфа погрешности в интервале между поверками из-за отсутствия контроля временного дрейфа и учета погрешности входных каналов во время эксплуатации; отсутствие учета неравномерности частотной характеристики генератора, влияющей на точность измерений, при поверке микрофонов с помощью электростатического возбудителя (актюатора); недостаточная помехоустойчивость системы вследствие воздействия внешних факторов в виде посторонних шумов; интервал между поверками системы составляет всего один год. Для устранения указанных недостатков проведены исследования измерительной виброакустической системы ВС-321 с применением элементов встроенного контроля для решения задач увеличения точности измерений при поверке, повышения помехоустойчивости системы вследствие исключения влияния внешнего фактора в виде посторонних шумов, а также возможности увеличения интервала между поверками.

24.04-01.250 Исследование рабочего эталона звукового давления с элементами встроенного контроля для поверки конденсаторных микрофонов. *Кувыкин Ю.А., Ольховский А.Н. Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр.* 2023, № 4, с. 43-60. Рус.

Приведены результаты исследований рабочего эталона звукового давления для поверки измерительных микрофонов и микрофонных конденсаторных капсулей с элементами встроенного контроля, позволяющими повысить точность измерений при определении частотных характеристик уровня чувствительности микрофонов и увеличить интервал между поверками применяемого эталона. На основе опыта применения рабочих эталонов звукового давления (измерительных виброакустических систем ВС-321) в практике поверочных лабораторий и в результате периодических ежегодных поверок выявлены следующие недостатки виброакустических систем: снижение точности измерений звукового давления в воздушной среде и возникнове-

ние неконтролируемого временного дрейфа погрешности в интервале между поверками из-за отсутствия контроля временного дрейфа и учета погрешности входных каналов во время эксплуатации; отсутствие учета неравномерности частотной характеристики генератора, влияющей на точность измерений, при поверке микрофонов с помощью электростатического возбудителя (актюатора); недостаточная помехоустойчивость системы вследствие воздействия внешних факторов в виде посторонних шумов; интервал между поверками системы составляет всего один год. Для устранения указанных недостатков проведены исследования измерительной виброакустической системы ВС-321 с применением элементов встроенного контроля для решения задач увеличения точности измерений при поверке, повышения помехоустойчивости системы вследствие исключения влияния внешнего фактора в виде посторонних шумов, а также возможности увеличения интервала между поверками.

24.04-01.251 Об издержках российского стандарта по ультразвуковому контролю сварных соединений. *Сельский А.А., Мезин И.А. Контроль. Диагностика.* 2024, 27, № 4, с. 47-52. Рус.

Проанализированы недостатки вступившего в силу в 2015 г. ГОСТ Р 55724-2013. В частности, существенные нарекания у специалистов по ультразвуковому контролю вызвали: отсутствие разъяснений к СКН-диаграммам, неоднозначное понимание схем контроля соединений с непроваром, некорректность методики пересчета площади плоскодонного отражателя в площадь зарубки, чрезмерно завышенный критерий по диаметру объекта для притирки призм датчиков, отсутствие разъяснений по применению настроечных образцов. Предложены пути устранения недостатков ГОСТа.

См. также **24.04-01.141, 24.04-01.230, 24.04-01.231, 24.04-01.235, 24.04-01.237**

Акустические стандарты

См. **24.04-01.251**

Акустика в медицинской практике

Ультразвук в хирургии и терапии

24.04-01.252 Эластификация артериальной стенки под действием высокоинтенсивного низкочастотного ультразвука. *Адзеризо И.Э., Кулаж А.И., Владимирская Т.Э., Леончик Е.В., Чур С.Н., Минченя В.Т., Шилько С.В. Доклады Национальной академии наук Беларуси.* 2023, 67, № 4, с. 287-294. Рус.

Установлено существенное повышение эластичности бедренно-подколенных сегментов артерий *in vitro* в результате действия кавитации, генерированной мощным низкочастотным (24–26 кГц) ультразвуком, вводимым внутрь кровеносного сосуда гибким волноводом. Эластичность сосуда оценивалась

как по прогибу под действием внешней силы, так и по степени его вазодилатации внутренним давлением, создаваемым расширяющимся баллоном. Показана возможность достижения более чем двукратного снижения модуля упругости сосудистой стенки после 30 с ультразвукового воздействия интенсивностью 31 Вт/см². Установлено, что при амплитуде ультразвуковых колебаний 10 мкм имеет место повреждение сосудистой стенки в виде мелких фокусов отслоения и разрыва интимы, сопровождающееся расслоениями в меди и формированием полиморфных целевидных полостей при увеличении амплитуды колебаний свыше 23 мкм. Ключевые слова: артериальная стенка, эластичность, ультразвук, акустическая кавитация.

См. также **24.04-01.147**

Акустика в инженерном деле

24.04-01.253 Определение основных элементов пульсатора двухфазного потока для осуществления промывки судовых систем. *Лебедева Е.Г. Морские интеллектуальные технологии.* 2024, № 2-1, с. 74-80. Рус.

Рассмотрена конструкция и определены основные элементы пульсатора, одновременно являющимся и смесителем, предназначенного для создания устойчивого течения двухфазного потока. Пульсатор-смеситель применяется в качестве элемента смещения, создающего пульсацию в смешанном двухфазном потоке. Такой поток используется для повышения результативности промывки судовых систем, увеличивающих ее качество

и сокращающее сроки промывки. Проблема данного вида промывки состоит в расслоении смешанного потока на фазы с течением времени. Для получения хорошего результата промывки двухфазным потоком необходимо создать устойчивость такого потока за счет возбуждения в нем пульсационных колебаний. Пульсирующие колебания в потоке связаны с особенностями конструкции смесителя. Собственная частота колебаний пульсатора или диффузорной части смесителя совпадает с частотой колебаний пузырьков газа (воздуха) в потоке воды. Явление резонанса в потоке смеси провоцирует создание пузырьков определенного диаметра, обладающих повышенной адгезион-

ной способностью по отношению к частицам технологических загрязнений. Колебательный процесс в потоке жидкости распространяется на значительные расстояния. Явление резонанса разбивает более крупные пузырьки воздуха на мелкие, не позволяет им сливаться и расслаиваться потоку. Такой пульсирующий смешанный поток можно применять в качестве промывочного не только для промывки судового оборудования, но и для промывки протяженных и разветвленных судовых систем.

24.04-01.254 Результаты применения безразборной диагностики судовых вспомогательных механизмов. Сергеев К.О. Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 2-1, с. 90-96. Рус.

Цель статьи заключается в выяснении эффективности применения методов безразборной диагностики. Приводятся анализ результатов безразборной диагностики судовых технических средств четырех различных по составу и назначению судовых энергетических установок (СЭУ): буровой платформы, ледокола, судна снабжения буровых платформ, судноподъемного дока. Это установки с различным оборудованием: насосами разных типов, вентиляторами, грузовыми лебедками, гидронасосами и гидромоторами. Приводятся применяемые методы диагностики для определения состояния подшипников качения судовых электродвигателей, генераторов, вентиляторов и насосов. Рассмотрены два метода: анализ спектра огибающей и метод ударных импульсов, пояснено, почему предпочтение отдается методу анализа спектра огибающей. Указаны методы диагностики самих механизмов: насосов, гидромоторов, зубчатого зацепления лебедок, суть которых заключена в сравнении уровня вибрации объекта с нормированием вибрации РМРС (Российский морской регистр судоходства). Приводятся достоинства и недостатки этого метода, рассматриваются альтернативные методы диагностики путем сопоставления узкополосных спектров вибрации, даются ссылки на руководящие документы РМРС. Анализ результатов диагностики оборудования с одной стороны, показал, что достаточно большая часть судового оборудования даже при самом жестком подходе может быть допущена к дальнейшей эксплуатации без ремонта, а с другой стороны эти данные косвенно подтверждают надежность и достоверность примененных для данного оборудования методов диагностики. Делается вывод об эффективности методов безразборной диагностики для уменьшения затрат на использование судового оборудования с одной стороны и повышение безопасности эксплуатации судовых энергетических установок при проведении регулярной диагностики оборудования. Полученные результаты позволяют уверенно доказать, что применение подхода к техническому использованию по принципу «Ремонт по состоянию» (ремонт по действительному состоянию), так же эффективно и надежно, как и применения метода обслуживания и ремонта по плану и не может понизить эксплуатационную надежность СЭУ (судовой энергетической установки). Ключевые слова: безразборная диагностика, судовое оборудование, спектральный анализ, треть октавные спектры, подшипники качения, электродвигатели, метод ударных импульсов, судовые насосы, эксплуатация по состоянию, нормирование вибрации.

24.04-01.255 Интеллектуальная диагностика судового двигателя на базе нейронных сетей и модифицированного генетического алгоритма. Епишин А.И., Херкерт Е.В. Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 2-1, с. 122-127. Рус.

Статья посвящена разработке методики интеллектуальной диагностики судовых двигателей, который позволит объединить имеющиеся знания о судовых двигателях и передовые методы анализа данных. В статье рассмотрены особенности проведения интеллектуальной диагностики судового двигателя на базе инструментария нейронных сетей и генетического алгоритма. Основу методики составляет процедура распознавания «диагностического портрета» судового двигателя с использованием акустического и вибрационного сигнала. В процессе исследования были протестированы различные генетические алгоритмы на примере диагностики элементов судового двигателя. В рамках исследования предложен модифицированный генетический алгоритм, который даст возможность обеспечить повышение точности, надежности и быстродействия получения диагностических параметров. Основная идея этой сети заключается в применении вейвлет-нейрона вместо традиционного нейрона, а затем в разложении сигнала путем анализа вейвлета с несколькими разрешениями. вейвлет-нейронная сеть сочетает в себе хорошую способность вейвлет-преобразования к локализации времени-частоты, а также имеет значительный потенциал для самообучения. Для анализа эффективности предложенного алгоритма рассмотрены изменения значения пригодности и изменения квадратичной ошибки. Кривая изменения значения пригодности отражает рост эволюционной алгебры, колебания уровня пригодности популяции, а квадратичная ошибка отражает оптимизацию весов и порогов с увеличением генетического поколения.

24.04-01.256 Определение основных элементов пульсатора двухфазного потока для осуществления промывки судовых систем. Лебедева Е.Г. Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 3-1, с. 91-99. Рус.

Рассмотрена конструкция и определены основные элементы пульсатора, одновременно являющимся и смесителем, предназначенного для создания устойчивого течения двухфазного потока. Пульсатор-смеситель применяется в качестве элемента смещения, создающего пульсацию в смешанном двухфазном потоке. Такой поток используется для повышения результативности промывки судовых систем, увеличивающих ее качество и сокращающее сроки промывки. Проблема данного вида промывки состоит в расслоении смешанного потока на фазы с течением времени. Для получения хорошего результата промывки двухфазным потоком необходимо создать устойчивость такого потока за счет возбуждения в нем пульсационных колебаний. Пульсирующие колебания в потоке связаны с особенностями конструкции смесителя. Собственная частота колебаний пульсатора или диффузорной части смесителя совпадает с частотой колебаний пузырьков газа (воздуха) в потоке воды. Явление резонанса в потоке смеси провоцирует создание пузырьков определенного диаметра, обладающих повышенной адгезионной способностью по отношению к частицам технологических загрязнений. Колебательный процесс в потоке жидкости распространяется на значительные расстояния. Явление резонанса разбивает более крупные пузырьки воздуха на мелкие, не позволяет им сливаться и расслаиваться потоку. Такой пульсирующий смешанный поток можно применять в качестве промывочного не только для промывки судового оборудования, но и для промывки протяженных и разветвленных судовых систем.

См. также 24.04-01.41, 24.04-01.76, 24.04-01.86, 24.04-01.161, 24.04-01.244

Физика

24.04-01.257 Гиперлегирирование кремния с использованием имплантации ионов селена и марганца и импульсного лазерного отжига. Silicon hyperdoping using selenium and manganese ion implantation and pulsed laser annealing. Wang T., Komarov F.F., Parkhomenko I.N., Yang G., Xue Ju. Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2024. 68, № 2, с. 112-117. Англ.

The effect of pulsed laser annealing (PLA) on the structure

and optical properties of Mn-, Se- and (Mn+Se)-implanted silicon layers was studied. 95 keV Mn⁺ and 200 keV Se⁺ ions were implanted separately and together into p-type Si wafers up to the fluence 1·10¹⁶ cm⁻² at room temperature. Then, the samples were irradiated in the ambient air with a single 2 J/cm² ruby laser pulse. The detailed redistribution of Mn and Se atoms in the implanted layers during PLA was examined using Rutherford backscattering spectroscopy in random and channeling configuration. It was found that a notable percentage of implanted manganese atoms

diffuses to the silicon surface, while the Se concentration depth profile broadens in both directions after PLA. Mn co-implantation enhances the Se diffusion to the surface, which leads to a Se decrease in crystalline silicon, but it does improve the crystal structure of the implanted silicon layer due to the increase of diffusion velocity. In contrast to the Mn-implanted sample, Se-implanted and (Mn+Se)-co-implanted samples after PLA exhibit strong optical absorption in the infrared range. The observed band at 0.6 eV is associated with electronic transitions from the intermediate band to the lowest energy levels of the conduction band.

24.04-01.258 О гравитационном замедлении времени. Попов И.П. *Прикладная физика и математика*. 2024, № 4, с. 24-28. Рус.

Показано, что уменьшение частот осцилляторов не является следствием гравитационного замедления времени, вызванного, в свою очередь, искривлением пространства-времени. Наоборот — замедление времени является следствием уменьшения частот осцилляторов, вызванного воздействием на них гравитирующих астрономических объектов. Ключевые слова: замедление времени, пространство-время, искривление, астрономический объект.

24.04-01.259 Квантовая информатика: обзор основных достижений. Сигов А.С., Андрианова Е.Г., Жуков Д.О., Зыков С.В., Тарасов И.Е. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2019. 7, № 1, с. 5-37. Рус.

Обоснована актуальность проведения и выделены перспективные направления научных исследований в области квантовой информатики. По иностранным и российским публикациям и материалам сделан обзор основных научных результатов, характеризующих современное состояние исследований в квантовой информатике. Отмечено, что наиболее интенсивно знания и средства инвестируются в разработку архитектуры квантового компьютера и его элементов. Несмотря на то, что сегодня нет информации о создании физической реализации квантового компьютера, сравнимого по функциональным возможностям с классическим цифровым вычислителем, разработка квантовых алгоритмов является одним из актуальных направлений исследований. Преимущество квантовых алгоритмов заключается в снижении времени решения задачи за счет распараллеливания операций путем генерирования запутанных квантовых состояний и их последующего использования. Указанное преимущество (квантовое ускорение) является наиболее выигрышным при решении задачи моделирования динамики сложных систем и переборных математических задач (общий случай перебора — схема Гровера и ее варианты; задачи поиска скрытых периодов — схема Шора использования быстрого квантового преобразования Фурье и ее аналоги). Отмечена востребованность разработок в области кибербезопасности (поиск уязвимостей в умных пространствах, безопасное хранение и использование больших данных, квантовая криптография). Представлено более десятка статей, посвященных квантовым алгоритмам поиска ключей, распределению ключей на оптическом волокне различной длины, анализу квантовых ресурсов, необходимых для проведения кибератаки. В области искусственного квантового интеллекта внимание уделяется, в первую очередь, «поискам» модели квантовой нейронной сети, оптимальной с точки зрения использования всех преимуществ, представляемых квантовыми вычислениями и нейронными сетями, а также алгоритмам машинного обучения. Приведены примеры использования квантовых вычислений в когнитивных и социальных науках для исследования механизма принятия решений при неполных данных. Сделан вывод о перспективности применения квантовой информатики при моделировании сложных естественных и искусственных явлений и процессов. Ключевые слова: квантовая информатика, квантовый компьютер, квантовые алгоритмы, моделирование сложных явлений и процессов, нейронные сети, машинное обучение, криптография, когнитивные технологии.

24.04-01.260 Эволюция вращательного движения вязкоупругой планеты с ядром на эллиптической

орбите. Шатина А.В., Старостина А.В. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2021. 9, № 5, с. 84-94. Рус.

Работа посвящена исследованию эволюции вращательного движения планеты в центральном ньютоновском поле сил. Планета моделируется телом, состоящим из твердого ядра и жестко прикрепленной к нему вязкоупругой оболочки. Рассматривается ограниченная постановка задачи, когда центр масс планеты движется по заданной кеплеровской эллиптической орбите. Уравнения движения выводятся в форме системы уравнений Рауса с использованием канонических переменных Андуайе, которые в невозмущенной задаче являются переменными «действие—угол» и имеют вид интегро-дифференциальных уравнений с частными производными. Используется методика, разработанная Вильке В.Г. для механических систем с бесконечным числом степеней свободы. Методом разделения движений получена система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающая вращательное движение планеты с учетом возмущений, вызванных упругостью и диссипацией. Методом усреднения получена эволюционная система уравнений относительно переменных «действие» и медленных угловых переменных. Построен фазовый портрет, описывающий взаимное изменение модуля вектора кинетического момента G вращательного движения и косинуса угла между этим вектором и нормалью к плоскости орбиты центра масс планеты. Найдено стационарное решение эволюционной системы уравнений, которое является асимптотически устойчивым. Показано, что в стационарном движении вектор кинетического момента G ортогонален плоскости орбиты, а предельное значение модуля этого вектора зависит от эксцентриситета эллиптической орбиты. Построенная математическая модель может быть использована для изучения приливной эволюции вращательного движения планет и спутников. Полученные в работе результаты согласуются с результатами ранее проведенных исследований в этой области.

24.04-01.261 Эволюция вращательного движения вязкоупругой планеты с ядром на эллиптической орбите. Шатина А.В., Старостина А.В. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2022. 10, № 2, с. 84-94. Рус.

Работа посвящена исследованию эволюции вращательного движения планеты в центральном ньютоновском поле сил. Планета моделируется телом, состоящим из твердого ядра и жестко прикрепленной к нему вязкоупругой оболочки. Рассматривается ограниченная постановка задачи, когда центр масс планеты движется по заданной кеплеровской эллиптической орбите. Уравнения движения выводятся в форме системы уравнений Рауса с использованием канонических переменных Андуайе, которые в невозмущенной задаче являются переменными «действие—угол» и имеют вид интегро-дифференциальных уравнений с частными производными. Используется методика, разработанная Вильке В.Г. для механических систем с бесконечным числом степеней свободы. Методом разделения движений получена система обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающая вращательное движение планеты с учетом возмущений, вызванных упругостью и диссипацией. Методом усреднения получена эволюционная система уравнений относительно переменных «действие» и медленных угловых переменных. Построен фазовый портрет, описывающий взаимное изменение модуля вектора кинетического момента G вращательного движения и косинуса угла между этим вектором и нормалью к плоскости орбиты центра масс планеты. Найдено стационарное решение эволюционной системы уравнений, которое является асимптотически устойчивым. Показано, что в стационарном движении вектор кинетического момента G ортогонален плоскости орбиты, а предельное значение модуля этого вектора зависит от эксцентриситета эллиптической орбиты. Построенная математическая модель может быть использована для изучения приливной эволюции вращательного движения планет и спутников. Полученные в работе результаты согласу-

ются с результатами ранее проведенных исследований в этой области.

24.04-01.262 Асимптотическая устойчивость решений квазилинейных волновых уравнений с затухающими волнами и переменными источниками. Asymptotic stability of solutions to quasilinear damped wave equations with variable sources. *Yang Xiaozin, Wu Xiulan, Zhuang Jibao. Известия Российской академии наук. Серия математическая.* 2024. 88, № 4, с. 204-224. Англ.

Ключевые слова: Komornik inequality, $r(x)$ -Laplacian operator, damped quasilinear, variable exponent.

24.04-01.263 Энтропийная регуляризация разрывного метода Галеркина для трехмерных уравнений Эйлера. Крижсин Ю.А., Тишкин В.Ф. *Мат. моделир.* 2024. 36, № 4, с. 77-91. Рус.

Построена энтропийная регуляризация консервативного устойчивого разрывного метода Галеркина в консервативных переменных для трехмерных уравнений Эйлера на основе специального ограничителя наклонов. Данный ограничитель обеспечивает выполнение трехмерных аналогов условий монотонности и дискретного аналога энтропийного неравенства. Проведено тестирование разработанного метода на трехмерной модельной задаче о вихре Тейлора—Грина.

24.04-01.264 Персонализированное численное моделирование гемодинамики аневризмы брюшной аорты: анализ чувствительности к входным граничным условиям. Федотова Я.В., Епифанов Р.Ю., Волкова И.И., Маус М.С., Никитин Н.А., Айвазов С.А., Хребтов М.Ю., Карпенко А.А., Мулладжанов Р.И. *Теплофиз. и аэромех.* 2024, № 2, с. 405-422. Рус.

Выполнен анализ чувствительности моделирования гемодинамики в области аневризмы брюшной аорты к входным граничным условиям. Для трех пациент-специфичных конфигураций с аневризмой была рассчитана гемодинамика с различными пространственными и временными профилями скорости на входе и проведена оценка их влияния на гемодинамические характеристики. В общей сложности было оценено три пространственных (равномерный, параболический и параболический с наложением вторичного потока) и три временных профиля скорости, что привело к девяти случаям для каждой из трех геометрий. Результаты исследования показывают, что влиянием пространственного профиля скорости на входе, в том числе неаксиальными компонентами вектора скорости, можно пренебречь. При этом величина обратного диастолического потока наиболее сильно отражается на решении. Тем не менее, в области аневризмы брюшной аорты не выявлено существенных различий в результатах моделирования для усредненных по сердечному циклу величин напряжения сдвига стенки и скорости. Для распределения колебательного индекса сдвига максимальное отклонение от базового решения достигает $\sim 10\%$, что также является приемлемым для клинических применений.

24.04-01.265 Управление фазовым равновесием в полупроводниковом твердом растворе путем воздействия на его колебательные степени свободы. Хазанова С.В., Василевский М.И. *Вестник Нижегородского университета.* 2003, № 1, с. 131-138. Рус.

Цель работы состоит в том, чтобы на основе простой модели показать, что можно повлиять на фазовое равновесие в сплаве, воздействуя на его колебательные степени свободы. Это открывает принципиальную возможность управления размером островков на поверхности при эпитаксиальном осаждении пленок или отжиге полупроводниковых твердых растворов с помощью, например, ультразвукового воздействия *in situ*, что может быть использовано либо для создания квантово-размерных структур, либо, наоборот, для получения гомогенных образцов.

24.04-01.266 Формирование кластеров-цепочек при движении пузырей от одиночного капилляра в наклонной трубе. Гореликова А.Е., Кашицкий О.Н., Чинак А.В. *Прикладная механика и техническая физика.* 2024. 65, № 1, с. 119-125. Рус.

Определены размеры и скорость всплытия пузырей в неподвижной жидкости в наклонном канале с круглым сечением при различных значениях расхода газа через капилляр (3,0—5,5 мл/мин). Исследование размеров газовых пузырьков и их скорости проводилось с использованием метода теневой фотографии. Показано, что в диапазоне углов наклона канала $40\text{--}60^\circ$ возможно формирование устойчивых пузырьков структур — кластеров, состоящих из пузырей одинакового размера (1,5—1,8 мм). В режимах без формирования кластеров-цепочек средний диаметр газовых пузырей увеличивался (2,0—2,2 мм) за счет их коалесценции.

24.04-01.267 Исследование влияния внешних воздействий на токовые флуктуации туннельных диодов для обработки системы регистрации гравитационных антенн. Голяк Ил.С., Морозов А.Н., Назолин А.Л., Строчков М.А. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки.* 2024, № 1, с. 63-77. Рус.

Рассмотрена необходимость учета неконтролируемых внешних воздействий при проведении долговременных экспериментов. Указанные воздействия могут привести к ошибочным результатам при выполнении фундаментальных экспериментов по регистрации гравитационных волн, солнечного радиоизлучения, измерениях нейтринных потоков астрофизического происхождения и т. д. Приведены результаты долговременных исследований токовых флуктуаций туннельных диодов. В экспериментах использовали арсенидгаллиевые туннельные диоды ЗИ306Г и ЗИ201К. Установлено влияние на них внешних неконтролируемых воздействий, таких как температура воздуха, атмосферное давление и поток солнечного излучения, и, возможно, связанного с изменением атмосферного давления потока нейтронов. Наблюдается запаздывание отклика туннельных диодов на изменение температуры воздуха и атмосферное давление примерно на 10—100 ч и опережение по отношению к изменению потока нейтронов на 19 ч. Расчет периодограммы установил наличие изменений дисперсии токовых флуктуаций с периодом 718—720 мин, что соответствует второй гармонике от собственного вращения Земли. Показана небольшая корреляция дисперсий изменений токовых флуктуаций для двух независимых, расположенных на удалении друг от друга стенов с туннельными диодами. Полученные результаты необходимо учитывать при проведении долговременных экспериментов на гравитационных антеннах.

24.04-01.268 Проблема защиты человека от воздействия низкочастотных электромагнитных полей в современном обществе. Возможные пути ее решения. Грабчиков С.С., Грабчикова Е.А., Драпезо А.П., Зубарь Т.И., Панасюк М.И., Канафьев О.Д., Лосев А.В., Труханов А.В., Федосюк В.М. *Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2024. 69, № 2, с. 114-118. Рус.

Рассмотрена проблема воздействия низкочастотных электромагнитных полей (ЭМП), генерируемых электротранспортными средствами (ЭТС) и бытовыми приборами, на организм человека. Приведены данные по влиянию ЭМП на здоровье человека и нормативных документов, устанавливающих требования по электромагнитной безопасности. В качестве перспективного метода решения данной проблемы рассмотрен способ электромагнитного экранирования, представлены материалы для реализации данного метода. Экспериментально измерены уровни электромагнитного излучения ряда ЭТС и бытовых электрических приборов. Расчетным методом проведена оценка эффективности электромагнитного экранирования материалов на основе однослойных покрытий сплавов $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$, многослойных пленочных структур $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}/\text{Cu}$ и аморфных металлических сплавов АМАГ172. Показано, что электромагнитные экраны на основе данных материалов значительно снижают уровни воздействия ЭМП ЭТС и бытовых электроприборов на человека, что позволяет приблизиться к установленным гигиеническим нормативам и обеспечить требования нормативных документов по предельно допустимым уровням воздействия ЭМП.

См. также **24.04-01.1**, **24.04-01.214**

Астрономия

24.04-01.269 Численно-аналитическое моделирование рефракции низкочастотных солнечных радиовсплесков в возмущенной короне. Лукьянцев Д.С., Афанасьев Н.Т., Танаев А.Б., Чудаев С.О. *Математическая физика и компьютерное моделирование*. 2023. 26, № 4, с. 43-54. Рус.

Для оценки влияния солнечной короны на траекторные характеристики и пространственное ослабление низкочастотных солнечных радиовсплесков предложен аппарат численно-аналитического моделирования. Ключевой функцией аппарата является численное интегрирование системы лучевых дифференциальных уравнений, дополненной уравнениями для расчета лучевой расходимости. В качестве моделей диэлектрической проницаемости среды используются аналитические модели корональной плазмы. Для тестирования вычислений получены точные решения для простой модели. Сравнение результатов численных и аналитических расчетов показало высокую точность численного интегрирования. Предложенный аппарат моделирования использован для анализа рефракционных характеристик низкочастотных солнечных радиовсплесков в возмущенных гелиофизических условиях. Выявлены особенности распространения радиовсплесков в присутствии коронального выброса массы (КВМ). Показано, что при залимбовом расположении источника радиовсплеска, в определенном секторе начальных углов излучения происходит значительное увеличение пути распространения радиоизлучения. Такой эффект возникает вследствие волноводного механизма распространения радиоизлучения в канале, образующемся в полости КВМ. Выполнены расчеты пространственного ослабления залимбового радиовсплеска для различных параметров моделей КВМ и корональной плазмы. Присутствие в короне возмущения обедненной концентрации способствует прохождению низкочастотного радиовсплеска от залимбового источника на орбиту Земли, который может быть зарегистрирован наземными средствами наблюдений. Численно-аналитическое моделирование показало, что залимбовые низкочастотные радиовсплески полезны для диагностики солнечной короны и оценки параметров КВМ.

24.04-01.270 О возможности оценки геометрических характеристик астероида по радиолокационному портрету. Захарченко В.Д., Коваленко И.Г., Акимов П.А., Денисов З.А. *Математическая физика и компьютерное моделирование*. 2023. 26, № 4, с. 69-82. Рус.

Рассматривается задача обратного рассеяния коротких радиопульсов (широкополосных радиосигналов) от движущегося астероида. Используется дифракционный интеграл Стрэттона—Чу, обобщенный с учетом эффекта Доплера. Астероид выпуклой формы аппроксимируется одноосным эллипсоидом. Астероид невыпуклой формы моделируется двумя соединенными друг с другом сферическими телами разного размера (модель контактного двойного астероида 486958 Atgokoth). Построена серия радиолокационных портретов в зависимости от соотношения между длинами главных полуосей эллипсоида. Приведен радиолокационный портрет невыпуклого астероида для некоторой несоосной с линией визирования ориентации его частей. Показана возможность восстановления основных геометрических характеристик астероида по радиолокационному портрету. Отмечено, что данный подход позволяет в режиме реального времени находить интересующие нас геометрические характеристики астероидов (одновременное определение размеров объекта в картинной плоскости и по лучу зрения).

24.04-01.271 Особенности довыведения космических аппаратов "Экспресс-АМУ3" "Экспресс-АМУ7" на геостационарную орбиту. Ермошкин Ю.М., Внуков А.А., Волков Д.В., Кочев Ю.В., Симанов Р.С., Якимов Е.Н., Приданников С.Ю. *Сибирский аэрокосмический журнал*. 2022. 23, № 4, с. 696-707. Рус.

В настоящее время с целью повышения выводимой массы широко применяется довыведение спутников на геостационарную орбиту собственной двигательной подсистемой. Так, только АО «ИСС» применило такую схему для нескольких космических

аппаратов (КА) собственной разработки — «Экспресс-АМ5», «Экспресс-АМ6», «Экспресс-80», «Экспресс-103». Вместе с тем, можно отметить некоторое разнообразие подходов к осуществлению данной операции. В частности, довыведение указанных выше КА осуществлялось с помощью бортовой двигательной подсистемы на базе плазменных двигателей СПД-100. Операция осуществлялась одним или двумя двигателями. Применение двух двигателей КА «Экспресс-80», «Экспресс-103» было обусловлено стремлением уложиться по времени в разумную величину не более полугодика при значительном увеличении выводимой массы. Однако и длительность довыведения порядка 150 суток, которая имела место при довыведении данных КА, также чрезмерно велика. Очевидно, что ее можно уменьшить при прочих равных условиях только увеличением расходуемой тяги двигателей. Этого можно достичь как увеличением тяги отдельных агрегатов, так и увеличением количества одновременно используемых двигателей. Поэтому для новых КА «Экспресс-АМУ3», «Экспресс-АМУ7» (размерностью аналогичных КА «Экспресс-80», «Экспресс-103»), для которых также предполагался парный запуск, были использованы оба этих способа. Для довыведения были применены два двигателя СПД-100В и дополнительно — двигатель типа СПД-140Д. Суммарная тяга связки двигателей позволяла рассчитывать на существенное снижение длительности довыведения по сравнению с КА «Экспресс-80», «Экспресс-103». Двигатель СПД-140 разработки АО ОКБ «Факел» был применен в России впервые. Для его питания в АО «НПЦ Полус» был специально создан прибор управления и преобразования СПУ-140Д. Использование связки из трех двигателей позволило существенно уменьшить длительность операции довыведения на геостационарную орбиту.

24.04-01.272 Формирование подхода к моделированию операций орбитальной сборки реконфигурируемого космического аппарата на геостационарной орбите. Королева Ю.Л., Хохлов А.И., Николаев Д.А., Борова Н.В., Матьяленко М.Г. *Сибирский журнал науки и технологий*. 2023. 24, № 3, с. 527-536. Рус.

Целью исследования является формирование подхода к моделированию операций орбитальной сборки реконфигурируемого космического аппарата (РКА) на геостационарной орбите. Реконфигурируемые космические аппараты представляют собой совокупность модульных космических аппаратов (МКА), где, в частном случае, на один МКА могут быть возложены функции модуля служебных систем (МСС), а на второй — функции модуля полезной нагрузки (МПН). Для обеспечения сборки РКА либо замены какого-то МКА, например, в случае его отказа, на новый, необходимо обеспечить решение задачи сближения МКА с РКА. В статье проведен анализ и исследование работы системы управления движением МКА во время выполнения сближения МКА с РКА. Сформирован перечень необходимых математических моделей для осуществления операций при решении задачи сближения МКА с РКА, а также представлена структурная схема взаимодействия математических моделей. В работе представлено краткое описание математического аппарата, позволяющего осуществить моделирование операций сближения МКА с РКА. Данный математический аппарат включает в себя модель орбитального движения МКА и РКА, модели углового движения МКА и РКА, чувствительных элементов и исполнительных органов. В данной работе математическое моделирование операций сближения МКА с РКА рассматривается как предмет исследования. Объектом исследования является система управления движением МКА, обеспечивающая реализацию сближения РКА на геостационарной орбите.

24.04-01.273 Особенности довыведения космических аппаратов "Экспресс-АМУ3" "Экспресс-АМУ7" на геостационарную орбиту. Ермошкин Ю.М., Внуков А.А., Волков Д.В., Кочев Ю.В., Симанов Р.С., Якимов Е.Н., Приданников С.Ю. *Сибирский журнал науки и технологий*. 2023. 24, № 3, с. 696-707. Рус.

В настоящее время с целью повышения выводимой массы широко применяется доведение спутников на геостационарную орбиту собственной двигательной подсистемой. Так, только АО «ИСС» применило такую схему для нескольких космических аппаратов (КА) собственной разработки — «Экспресс-АМ5», «Экспресс-АМ6», «Экспресс-80», «Экспресс-103». Вместе с тем, можно отметить некоторое разнообразие подходов к осуществлению данной операции. В частности, доведение указанных выше КА осуществлялось с помощью бортовой двигательной подсистемы на базе плазменных двигателей СПД-100. Операция осуществлялась одним или двумя двигателями. Применение двух двигателей КА «Экспресс-80», «Экспресс-103» было обусловлено стремлением уложиться по времени в разумную величину не более полугода при значительном увеличении выводимой массы. Однако и длительность доведения порядка 150 суток, которая имела место при доведении данных КА, также чрезмерно велика. Очевидно, что ее можно уменьшить при прочих равных условиях только увеличением расходуемой тяги двигателей. Этого можно достичь как увеличением тяги отдельных агрегатов, так и увеличением количества одновременно используемых двигателей. Поэтому для новых КА «Экспресс-АМУ3», «Экспресс-АМУ7» (размерностью аналогичных КА «Экспресс-80», «Экспресс-103»), для которых также предполагался парный запуск, были использованы оба этих способа. Для доведения были применены два двигателя СПД-100В и дополнительно — двигатель типа СПД-140Д. Суммарная тяга связки двигателей позволяла рассчитывать на существенное снижение длительности доведения по сравнению с КА «Экспресс-80», «Экспресс-103». Двигатель СПД-140 разработки АО ОКБ «Факел» был применен в России впервые. Для его питания в АО «НПП Полус» был специально создан прибор управления и преобразования СПУ-140Д. Использование связки из трех двигателей позволило существенно уменьшить длительность операции доведения на геостационарную орбиту.

24.04-01.274 Результаты мониторинга радиационной обстановки на средней круговой орбите. *Емисев Д.В., Графодатский О.С., Иванов В.В., Максимов И.А., Молчанов К.В., Прокофьев В.Ю.* *Сибирский журнал науки и технологий.* 2024. 25, № 2, с. 202-213. Рус.

Описаны методы и средства измерений ионизирующего излучения космического пространства (ИИКП), проводимых с помощью экспериментального комплекса контроля дозы (ЭККД), расположенного на экспериментальном космическом аппарате (ЭКА) «Скиф-Д», который был выведен на орбиту $H=8070$ км и наклоном 90° . Произведен сравнительный анализ результатов расчетов и экспериментальных данных, полученных в ходе летной эксплуатации за один год исследования. Следует отметить, что данная орбита для российских производителей КА с точки зрения воздействия факторов космического пространства (ФКП) является малоизученной. Основная идея измерений ЭККД заключается в создании различных условий массовой защиты для каждого из девяти модулей регистрации интегральной накопленной дозы (МРИНД). При освоении нового типа орбиты для эксплуатации КА, актуальной является задача обеспечения стойкости бортовой аппаратуры и КА в целом к воздействию факторов ионизирующего излучения космического пространства, характерных на данной орбите. Для этого необходимо экспериментальное подтверждение или уточнение на базе полученных натуральных данных расчётной радиационной модели воздействия. Основной задачей, которая решается в статье, является проведение мониторинга уровней интегральной накопленной дозы за различными массовыми защитами при воздействии ионизирующего излучения космического пространства на орбите с $H=8070$ км и сравнение результатов экспериментальных данных с расчётными оценками, проведенными по ОСТ134-1044-2007 изм. 1 (2017 г.). Практическая значимость заключается в том, что экспериментальные результаты подтвердили расчётную модель. Получено экспериментальное подтверждение больших радиационных нагрузок в диапазоне типовых защит для ЭКА 0,5–3 г/см², круговой орбиты с $H=8070$ км по сравнению с орбитами ГСО и $H=1500$ км. Модернизированные датчики МРИНД получили летную квалификацию и подтвердили свою эффективность в части выполнения задач мониторинга факторов ионизирующего излучения

космического пространства.

24.04-01.275 Использование принципа гравитационной стабилизации и ориентации при проектировании малых космических аппаратов. *Есина П.А., Корнев В.М.* *Сибирский журнал науки и технологий.* 2024. 25, № 2, с. 214-222. Рус.

В настоящее время большинство малых космических аппаратов (МКА) становятся все более актуальными в современной космической индустрии. Для успешного выполнения возложенных на них задач МКА должны быть некоторым образом сориентированы в пространстве относительно Земли. За эту задачу отвечает система ориентации и стабилизации (СОС), необходимая для контроля и управления положением МКА в пространстве. На данный момент задачи для МКА в основном не требуют сложных поворотных маневров и высокой точности ориентации, поэтому большое распространение для них получили пассивные и комбинированные СОС. Такие системы имеют большой ресурс работы, отличаются простотой, высокой надежностью и малой массой. Одной из типовых систем, используемых в современной космической технике, является гравитационная система. Принцип гравитационной СОС основан на использовании силы тяжести, действующей на тело, и моментов инерции относительно трех взаимно ортогональных осей. В данной статье предлагается проект МКА CubeSat размера 3U с гравитационной системой ориентации. Конструкция такого спутника требует наличие устройства гравитационной стабилизации, необходимое для развёртывания МКА после отделения его от ракеты-носителя, а также для создания восстанавливающего момента. Гравитационное устройство предполагается поместить между жестко скрепленных 2U МКА и третьим U МКА. Преимущество такой конструкции заключается в том, что появляется возможность поместить на МКА больше полезного груза, не перегружая его различными приборами для системы ориентации и стабилизации.

24.04-01.276 Исследование параметров движения входа космоплана в атмосферу. *Кольга В.В., Рундау Н.С.* *Сибирский журнал науки и технологий.* 2024. 25, № 2, с. 233-246. Рус.

После прекращения эксплуатации Международной космической станции в 2028 г., Российская Федерация планирует развивать проект национальной орбитальной станции. Российская орбитальная станция будет отличаться от своего предшественника большей практической направленностью. Одной из задач, возлагаемых на станцию, является запуск и управление группировки малых спутников дистанционного зондирования Земли, а также взаимодействие и обслуживание перспективных спутниковых группировок. Так как возможности маневрирования орбитальной станции весьма ограничены, а неисправный аппарат может находиться в значительном удалении от неё, то для повышения транспортно-технических возможностей станции предлагается использовать беспилотный космоплан. В работе представлены два аэродинамического облика космоплана, в результате аэродинамического и весового анализов которых был сделан выбор в пользу первого, описаны компоновка аппарата и алгоритмы его работы на орбите и спуске в атмосферу. Целью исследования является сравнение параметров траектории при спуске аппарата с различных орбит схода. Для этого сформулирована задача по определению зависимости площади коридора входа от начальных параметров. В свою очередь, площадь коридора входа определялась граничными условиями, зависящими от эксплуатационных параметров космоплана. Для определения параметров входа написана расчётная программа, решающая дифференциальные уравнения движения летательного аппарата методом Эйлера в общем случае и методом Рунге—Кутты в расчётном случае. В качестве результатов исследования представлена зависимость площади коридора входа от высоты орбиты схода, а также графические зависимости основных параметров для расчётного случая.

24.04-01.277 Спектр и структура крупномасштабных осцилляций галактического газового слоя. *Абрамян М.Г., Арутюнян С.В.* *Ученые записки ЕГУ, физико-математических наук.* 1985. 58, № 3, с. 53-59. Рус.

Исследованы возмущения политропного газового слоя с уче-

том вращения в гравитационном поле сферической звездной составляющей Галактики. Получены спектр крупно- и мелкомасштабных осцилляций слоя и соответствующие пространственные структуры возмущений. Обсуждены возможности интерпретации наблюдаемых крупномасштабных структур газового слоя Галактики как нормальных мод осцилляций слоя.

24.04-01.278 Влияние взаимных гравитационных возмущений планет Солнечной системы на эволюцию эксцентриситетов и наклонов их орбит. Ажулова Н.А., Бузникова Л.А., Шатина А.В. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2017. 5, № 3, с. 130-137. Рус.

Рассматривается классическая задача N тел в предположении, что масса одного тела (Солнца) много больше масс остальных взаимно тяготеющих тел. В качестве невозмущенного движения принимается движение планеты по эллиптической орбите, в одном из фокусов которой находится Солнце. Система уравнений движения выведена в барицентрической системе координат с использованием канонических переменных Делоне. На основе усредненной системы уравнений движения найдены функции, описывающие эволюцию эксцентриситета и наклона орбиты отдельно взятой планеты, возникающие из-за сил взаимного притяжения со стороны других планет. Получены численные оценки скорости изменения эксцентриситета и наклона орбиты для каждой из планет Солнечной системы. Ключевые слова: задача N тел, барицентр, переменные Делоне, элементы орбиты, возмущенное движение, метод усреднения.

24.04-01.279 Эволюция вращательного движения спутника с гибкими вязкоупругими стержнями на эллиптической орбите. Садовникова Е.В., Шатина А.В. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2018. 6, № 4, с. 89-104. Рус.

Исследуется вращательное движение искусственного спутника в центральном ньютоновском поле сил. Спутник моделируется симметричным твердым телом с жестко прикрепленными по оси симметрии гибкими вязкоупругими стержнями и со сферическим тензором инерции. Рассмотрена ограниченная постановка задачи, когда центр масс спутника движется по заданной кеплеровской эллиптической орбите. Она является модельной для изучения вращательного движения искусственных спутников Земли со штыревыми радиоантеннами длиной в сотни метров. Для решения поставленной задачи используется метод разделения движений и усреднения для механических систем с бесконечным числом степеней свободы. Получена усредненная система дифференциальных уравнений в переменных Андуайе, описывающая эволюцию вращательного движения спутника. Найдены частные решения эволюционной системы уравнений. Построены фазовые портреты для каждого такого класса решений. Показано, что в процессе диссипативной эволюции, вызванной рассеянием энергии в стержнях, угол между вектором кинетического момента вращательного движения спутника и нормалью к плоскости орбиты уменьшается до нуля. Также обнаружены новые классы стационарных движений, когда ось симметрии спутника составляет произвольный угол с нормалью к плоскости орбиты, или модуль угловой скорости вращения спутника не зависит от орбитальной угловой скорости радиус-вектора его центра масс. Ключевые слова: спутник, кеплеровская эллиптическая орбита, переменные Андуайе, метод усреднения, диссипативная эволюция движения.

24.04-01.280 Семантика визуальных моделей в космических исследованиях. Савиных В.П., Господинов С.Г., Кудж С.А., Цветков В.Я., Дешко И.П. *RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.))* 2022. 10, № 2, с. 51-58. Рус.

Цели. Цель работы — разработка методики для оценки семантики слабо структурированных или морфологически сложных визуальных информационных моделей. Для достижения цели

вводится критерий отнесения визуальных моделей к сложным и алгоритм получения градиентного изображения с несколькими уровнями плотности. Градиентное изображение не является бинарным, что повышает надежность нахождения границ или контуров. Вводится вспомогательная структурная визуальная модель, и в обработке используется серия изображений разной плотности. Далее вводится понятие условной системы координат изображения, позволяющей переносить информацию с разных визуальных моделей на синтетическую результирующую визуальную модель. Методы. Использование градиентной обработки изображений и построение новой промежуточной структурной модели, которая позволяет связывать модели с разной плотностью. Введение системы условных координат изображения. Обработка серии моделей с разной плотностью для получения синтетического изображения. Результаты. Проведена обработка визуальных моделей, полученных с космических снимков со слабой различимостью объектов. Обработаны снимки в системе «Солнце—Земля—Луна». В качестве базиса выбрана система «Солнце—Земля». Для космических снимков характерно то, что яркий свет Солнца «забивает» изображения других объектов с большими фазовыми углами. Применение методики оконтуривания позволило выровнять изображения объектов слабой яркости и большой яркости. Смещение частотной характеристики после выявления всех объектов позволило сформировать четкую визуальную модель. Выводы. На первичных визуальных моделях изображения слабой яркости не видны. При увеличении экспозиции они появляются, но объекты высокой плотности могут сливаться в один. Из-за этого по одному снимку высокой, средней или слабой плотности принципиально невозможно получить качественное изображение всех объектов или полную семантику визуальной модели. Для получения полной семантики визуальной модели необходима обработка серии изображений с переносом изображений на общее синтетическое изображение. Предложенная методика позволяет решать такие задачи. Сравнение полученных результатов с методами обработки одного изображения показывает надежность и большую информативность метода.

24.04-01.281 Солнечное излучение как абиотический фактор устойчивости биосферы и эволюция климата Земли. Бодрова И.В., Муртазов А.К. *Экологические системы и приборы.* 2024, № 6, с. 3-9. Рус.

Проведен анализ эволюции основного абиотического фактора устойчивости биосферы — солнечного излучения и ее связи с эволюцией климата Земли. Ключевые слова: солнечное излучение, климат, эволюция.

24.04-01.282 Отображение, аппроксимирующее фазовый поток задачи о вращательном движении небесных тел. Сидоренко В.В. *Труды Математического института имени В.А. Стеклова.* 2024. 327, с. <https://www.mathnet.ru/rus/tm4440>. Рус.

Рассматривается движение осесимметричного небесного тела относительно центра масс под действием гравитационного момента. Центр масс тела движется по круговой орбите в центральном гравитационном поле. Если проекция вектора кинетического момента тела на ось его симметрии равна нулю, то возможны "плоские" движения — движения, в которых ось симметрии перемещается в плоскости орбиты. Для анализа свойств движений тела, близких к долгопериодическим плоским, методами теории возмущений построено отображение, аппроксимирующее отображение, порождаемое фазовым потоком системы. С помощью построенного отображения установлены ранее неизвестные свойства вращательного движения небесных тел. Ключевые слова: вращательное движение, гамильтонова система, сепаратрисный контур.

24.04-01.283 Баллистический анализ миссии к спутнику Юпитера Каллисто с посадкой на поверхность. Ковалёв В.В., Марченко А.Д., Старостина Т.В., Шарипова А.Р. *Вестник Самарского ун-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение.* 2024. 23, № 1, с. 21-37. Рус.

Представлены результаты исследования, на основании которых был разработан комплекс математических моделей для баллистического анализа миссии по отправке малого космиче-

ского аппарата к спутнику Юпитера Каллисто и его посадки на поверхность спутника. В данной миссии предлагается применить гравитационный манёвр около Земли и аэродинамический манёвр около Юпитера для снижения затрат рабочего тела космического аппарата. Оценена минимальная необходимая тяга двигателей и длительность манёвра для мягкой посадки космического аппарата с заданной массой на спутник. Была найдена оптимальная дата старта для возможности запуска космического аппарата с помощью ракеты-носителя «Союз-2» среднего класса. Моделирование движения проводилось численно, в математическом пакете Mathcad построены все необходимые для анализа движения графические зависимости.

24.04-01.284 Оптимизация траекторного движения первой ступени авиационно-космической системы. Храмов А.А. *Вестник Самарского ун-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение.* 2024. 23, № 1, с. 80-92. Рус.

Рассматриваются задачи оптимизации траекторного движения первой ступени авиационно-космической системы по критерию максимума конечной массы. Управлением является угол атаки и тяга двигателей. Оптимизация управления проводится на участке траектории от точки приведения первой ступени в район запуска до достижения требуемых для отделения космической ступени параметров движения. Для определения оптимальных программ управления используется принцип максимума Понтрягина. Решение задачи без ограничений на режимы движения проведено на примере разгона и набора высоты первой ступени авиационно-космической системы RASCAL. Предложена методика определения приближённо-оптимального управления в задаче с ограничением на высотный диапазон работы двигателей с раздельной оптимизацией активного и пассивного участков и поиском оптимальной точки их сопряжения. Обсуждаются изменения программы управления, траектории движения и затрат топлива при ограничении максимальной высоты полёта на активном участке.

24.04-01.285 Методический подход к оцениванию эффективности применения орбитальных средств контроля зон безопасности критически значимых космических аппаратов на основе дискретных цепей Маркова. Минаков Е.П., Александров М.А., Данилюк Б.А., Вербин А.В. *Труды МАИ.* 2023, № 132, с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=176835>. Рус.

Рассматривается дискретная марковская модель оценивания эффективности применения орбитальных средств контроля зон безопасности критически значимых космических аппаратов по показателям вероятности обнаружения опасных объектов и математического ожидания числа наступления событий, связанных с расходом ресурсов орбитальных средств контроля. Приводятся математические модели оценивания указанных вероятностных характеристик наступления соответствующих случайных событий и определения оптимальных и требуемых значений вероятностей переходов, а также примеры оценивания указанных характеристик и результаты вычислительных экспериментов по каждой из предлагаемых моделей. Практическая значимость полученных результатов исследований состоит в разработке программного обеспечения, апробации математических моделей и программного обеспечения в ходе вычислительных экспериментов, получении оценок эффектов применения ОСК ЗБ КЗКА и оценивании их корректности, а также в предложениях по их использованию для оценивания технических характеристик и способов применения, создаваемых ОСК.

24.04-01.286 Алгоритм определения параметров наклонных проекций точек на поверхности Земли для круговых орбит космических аппаратов. Минаков Е.П., Александров М.А., Мищеряков А.В., Мищеряков С.В. *Труды МАИ.* 2024, № 2(135), с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=179674>. Рус.

Рассматривается альтернативный подход оценивания эффективности применения космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, базирующийся не на расчетах трасс, включающих в себя итерационные процедуры вычисления, в первую очередь, широт, долгот и времен пролета КА подспутниковых точек, сопряженный со значительными вычислитель-

ными затратами, а на использовании наклонных проекций, позволяющий значительно сократить эти затраты. Приводятся постановка задачи определения параметров наклонных проекций точек на поверхности Земли и алгоритм определения параметров наклонных проекций зон видимости точечных объектов для круговых орбит космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, а так же пример определения границ наклонной проекции параметров наклонных проекций зон видимости точечных объектов для круговых орбит космических аппаратов дистанционного зондирования Земли. Практическая значимость полученных результатов исследований состоит в разработке программного обеспечения, апробации математических моделей, алгоритма и программного обеспечения в ходе вычислительных экспериментов; полученные значения демонстрируют высокую степень совпадения с подходами, базирующимися на расчетах трасс, включающих в себя итерационные процедуры вычисления.

24.04-01.287 Приземная турбулентность в Саянской солнечной обсерватории летом 2023 г. Носов В.В., Лукин В.П., Носов Е.В., Торгаев А.В. *Оптика атмосферы и океана.* 2024. 37, № 5, с. 370-376. Рус.

Для оценки влияния атмосферной турбулентности на качество получаемых астрономических изображений требуются соответствующие исследования на территориях обсерваторий. Приведены результаты измерений характеристик турбулентности в Саянской солнечной обсерватории (ССО) летом 2023 г. Установлено, что причиной появления преобладающего направления возникающих на территории ССО местных ветров является температурный горно-долинный градиент между горами Саяны севернее обсерватории ССО и долиной южнее. Показано, что в ССО сохраняется меньший уровень средней интенсивности атмосферной турбулентности по сравнению с турбулентностью над ровной местностью в средних широтах. Подтверждено наличие на территории ССО когерентной турбулентности, в условиях которой улучшается качество получаемых оптическими приборами изображений. Получены новые данные для используемых в теории подобия Монина—Обухова турбулентных масштабов температуры и скорости ветра в зависимости от стратификации атмосферы. Результаты будут полезны специалистам по астроклимату и теории атмосферной турбулентности.

24.04-01.288 Декомпозиция широтного хода средней многолетней температуры по данным метеостанций Северного полушария и астрономической инсоляции в период 1897—2010 гг. Тартаковский В.А., Максимова В.Г., Крутиков В.А. *Оптика атмосферы и океана.* 2024. 37, № 5, с. 438-444. Рус.

В связи с актуальностью исследований стабильности климата результаты измерения температуры на метеорологических станциях Северного полушария и данные астрономической инсоляции упорядочиваются по возрастанию широты и подвергаются совместному анализу для различных выборок в интервале 1897—2010 гг. Подобные исследования развиваются в связи с расширением сети метеостанций и накоплением новых данных. С помощью пошаговой регрессии широтного хода средней многолетней температуры к полиному от астрономической инсоляции выделяются детерминируемый Солнцем широтный тренд температуры и флуктуирующие остатки регрессии, в которых проявляются индивидуальные особенности данных. Отсутствие взаимодействия этих составляющих достигается численно для любых выборок. Установлено, что в Северном полушарии для имеющихся выборок широтный тренд средней многолетней температуры полностью определяет потепление и вносит ~82% в общую дисперсию температуры. Границы областей, где температуры выше и ниже широтного тренда средней многолетней температуры, выделяют известные географические структуры и тем самым верифицируют тренд.

24.04-01.289 Влияние ширины спектральной линии лазерного излучения на яркость натриевой лазерной опорной звезды в условиях среднеширотной атмосферы. Бальбасова Л.А., Ермаков С.А., Лукин В.П. *Оптика атмосферы и океана.* 2024. 37, № 8, с. 705-710. Рус.

Техника лазерных опорных звезд (ЛОЗ) является неотъем-

женного явления.

24.04-01.296 О новом методе выбора шага численного интегрирования орбит с полутеневыми участками. *Кузнецов А.А., Сорожин И.А., Хрипунов И.В., Фуркин И.И., Завьялова Н.А., Негодяев С.С. Тр. МФТИ.* 2024. 16, № 1(61), с. 18-33. Рус.

Рассмотрена задача численного прогноза орбит, имеющих полутеневые участки. Авторами проанализированы существующие модели тени, использующиеся для расчета давления солнечного излучения. При помощи серии численных экспериментов построены функции тени вдоль траекторий геостационарных космических объектов для различных моделей тени. Авторами работы предложен алгоритм, позволяющий определять границы временных интервалов полутеневых областей для космических объектов на эллиптических орбитах. Получены два алгебраических уравнения не выше четвертого порядка, определяющие границы полутеневых областей. Проведен анализ уравнений. На основе изложенного алгоритма построен метод коррекции шага численного интегрирования, в автоматическом режиме учитывающий резкое изменение силы светового давления в полутеневых областях. Построенный метод протестирован на задаче прогнозирования геостационарных орбит. Проведено сравнение авторского метода с алгоритмом коррекции шага в интеграторах Гаусса—Эверхарта высоких порядков аппроксимации. Показано, что предложенный метод позволяет ускорить процесс численного интегрирования для рассмотренного класса орбит.

24.04-01.297 Оценка наблюдательных возможностей обсерватории «Миллиметр» в режиме интерферометра с использованием многочастотного синтеза. *Рудницкий А.Г., Щуров М.А. Кратк. сообщ. по физ. ФИАН.* 2024. 51, № 6, с. 10-18. Рус.

Рассматриваются возможности применения метода многочастотного синтеза для повышения качества изображений в режиме наземно-космического радиоинтерферометра со сверхдлинной базой обсерватории «Миллиметр». Выполнено моделирование картографических наблюдений близких окрестностей сверхмассивной черной дыры M87. Показаны преимущества метода многочастотного синтеза по сравнению с одночастотными наблюдениями. Сформулированы требования и ограничения его применимости в наземно-космической интерферометрии с обсерваторией «Миллиметр».

24.04-01.298 Решение задачи об эволюции слабого возмущения, заданного на границе горячей корональной петли в сильном магнитном поле. *Фролова А.С., Завершинский Д.И., Молевич Н.Е. Кратк. сообщ. по физ. ФИАН.* 2024. 51, № 7, с. 12-21. Рус.

Магнитоакустические волны активно используются в качестве средства диагностики параметров плазмы и процессов, происходящих в ней. В данной работе исследуется задача об эволюции слабого возмущения, заданного в основании корональной петли. Рассмотрение проводится в предположении, что плазма находится в сильном магнитном поле таком, что эволюция медленных магнитоакустических и энтропийных мод может быть описана в рамках уравнений газовой динамики с высокой степенью точности. Спектр исследуемых волн полагается таким, что основным источником дисперсии и диссипации волн является теплопроводность среды. В рамках указанных приближений найдено точное решение граничной задачи для линейного эволюционного уравнения с помощью метода Фурье, а также принципа Дюамеля. Полученное точное аналитическое решение может быть использовано для интерпретации результатов наблюдений, а также численного моделирования медленных магнитоакустических и энтропийных волн в солнечной короне.

24.04-01.299 Нерегулярность в массовом составе первичных космических лучей при энергии ~ 10 ПэВ. *Пятковский С.Е. Кратк. сообщ. по физ. ФИАН.* 2024. 51, № 9, с. 72-84. Рус.

Рассмотрена нерегулярность в массовом составе первичного космического излучения (ПКИ) при энергии ~ 10 ПэВ. Для оценки изменения массового состава ПКИ применен метод рентген-эмульсионных камер (РЭК) и метод гало, основанный

на методе РЭК. Изучение изменения массового состава ПКИ выполнено по экспериментально полученным характеристикам стволов широких атмосферных ливней (ШАЛ), где флуктуации данных характеристик минимальны и максимально сохранена информация о первичном взаимодействии ядер ПКИ с атомами атмосферы. Показано, что около $E_0 = 10$ ПэВ наблюдается локальный максимум доли тяжелых ядер. Данный максимум соотнесен с источниками ПКИ — звездами переменного типа SR (красные гиганты и сверхгиганты) и WR (Вольфа—Райе).

24.04-01.300 Демпфирование внеплоскостных колебаний сферического объекта при его бесконтактной транспортировке ионным потоком. *Ледков А.С., Белов А.А. Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика.* 2024, № 89, с. 89-102. Рус.

Исследуется процесс бесконтактной транспортировки объекта космического мусора сферической формы под воздействием ионного потока, генерируемого двигателем активного космического аппарата. Найден закон оптимального управления тягой двигателя активного космического аппарата, позволяющий демпфировать колебания центра масс космического мусора в направлении, перпендикулярном плоскости орбитального движения. Проведено численное моделирование спуска, подтверждающее корректность найденного закона.

24.04-01.301 Моделирование коэффициента передачи датчика микрометеороидов и частиц космического мусора. *Телегин А.М. Инженерная физика.* 2024, № 4, с. 37-44. Рус.

Предложен метод измерения параметров микрометеороидов и частиц космического мусора путем частотного анализа коэффициента передачи пленочного металлического полоска, расположенного на диэлектрическом основании и к которому последовательно подключена сосредоточенная индуктивность. Расчеты показали, что резонанс колебательного контура, образованного из введенной индуктивности и ёмкости, получившейся в следствии разрыва металлического полоска, зависит от места удара микрочастицы. Для расчета коэффициента передачи металлического полоска использовались T и S-матрицы линии передач. Ключевые слова: микрометеороиды, космический мусор, модель, частотный анализ.

24.04-01.302 Фундаментальный физический (астрофизический) эксперимент: за и против. *Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Инженерная физика.* 2024, № 5, с. 45-48. Рус.

Рассмотрены проблемы, связанные с экспериментальным обеспечением фундаментальных экспериментов в области фундаментальной астрофизики. Как правило, для решения таких задач требуется специализированные институты или крупные лаборатории. Это уже исключает необходимый маневр в поисковых экспериментах и требует исключительно высокие затраты, но даже выполнение этих условий не приводит к успеху, а методы и оборудование устаревает. Для продолжения остаётся один выход — мистифицировать высокопоставленных администраторов научнообразными сказками. В данной работе сделана попытка найти творческое и доступное решение, отвечающее следующим требованиям: малые габариты (почти настольного типа), незначительная стоимость, простота модификации, возможности решения параллельных задач. Ключевые слова: приёмно-передающие столбики из ферромагнитных материалов, катушки, конденсаторная батарея, простая схема записи сигнала.

24.04-01.303 Тёмная материя и АНРИ-эффект: от гипотез к экспериментам. *Посвящается В.В. Цыплакову. Хаврошкин О.Б. Инженерная физика.* 2024, № 6, с. 36-44. Рус.

Сделана попытка включить изучение тёмной материи в ряд геофизических задач. Одновременно применить такую геофизическую аппаратуру как прецизионный гравиметр. К тому же, например, такие геофизические процессы как изменения широт и их периодичность изучались выдающимся учёным — Ю.Н. Авсюком. Известно, тёмную материю объединяет с обычной, существующей, только гравитационная чувствительность. С другой стороны, современные исследования сол-

нечных нейтринных потоков и сильный прогресс в области изучения тёмной материи позволяют надеяться на новые результаты и предложить исследовать солнечные потоки нейтрино в надежде продвинуться в изучении тёмной материи с применением гравиметров. В работе представлено много экспериментального материала уже несущего новые представления. Ключевые слова: тёмная материя, гравиметр и гравитационные поля, потоки солнечных нейтрино и частиц тёмной материи, астрофизика.

24.04-01.304 Аннигиляция фотонов в верхних слоях атмосферы и синеголубой цвет небосвода перед восходом солнца. *Оглуздин В.Е. Инженерная физика.* 2024, № 7, с. 43-48. Рус.

В процессе взаимодействия солнечного излучения с атомами газов в верхних слоях земной атмосферы наряду с фотонами принимают участие аксионы. Резонансное поглощение атомами кислорода фотонов жёсткого ультрафиолета, а также аннигиляция фотонов жёсткого ультрафиолета, энергия которых не равна энергии электронных переходов в атомах кислорода, обеспечивают безопасный синеголубой цвет утреннего небосвода. Действительно, при аннигиляции пары фотонов в поле атомного ядра и последующем распаде аксиона, из двух вновь появившихся фотонов атом, как правило, поглощает более жёсткий фотон. По мере продвижения солнечного излучения к поверхности земли многократная каскадная аннигиляция понижает жёсткость ультрафиолета. Рассмотрены вопросы окраски небосвода в утреннее, дневное и вечернее время. Ключевые слова: фотон, аксион, синий цвет неба, ультрафиолетовое излучение.

24.04-01.305 Радиолокация Луны на стенде "Сура": аномальное усиление радиозаха в сеансе 17 октября 2022 года. *Шиндин А.В., Токарев Ю.В., Грезнева К.К., Белов Ю.И. Известия вузов. Радиофизика.* 2024, 67, № 4, с. 303-312. Рус.

Представлены результаты радиолокационных экспериментов на стенде «Сура» после его реконструкции в 2020—2021 годах. Сообщается об аномальном усилении радиозаха до 40 дБ над уровнем радифона в сеансе радиолокации Луны 17.10.2022 на частоте 8925 кГц. Приведены аргументы в пользу ионосферной природы этого явления.

24.04-01.306 Высотные эльфы, зарегистрированные на международной космической станции, и границы литосферных плит Земли. *Васильяк Л.М., Шубралова Е.В. Прикладная физика.* 2024, № 2, с. 13-17. Рус.

Выполнен анализ мест нахождения координат высотных кольцевых свечений (эльфов), зарегистрированных на международной космической станции в рамках международной программы «УФ-атмосфера» в 2019—2022 гг. Большинство эльфов зарегистрированы в экваториальной области Земли, что может быть следствием орбиты МКС, а также наличием большого количества гроз в этих областях. Анализ показал, что координаты зарегистрированных 37 эльфов в большей части расположены вдоль границ тектонических плит Земли.

24.04-01.307 Экспериментальные исследования влияния потери данных измерений на качество реконструкции искажённого атмосферной турбулентностью волнового фронта датчиком Шэка—Гартмана. *Большакова Л.А., Лукин В.П., Соин Е.Л. Оптический журнал.* 2024, 91, № 8, с. 25-34. Рус.

Предмет исследования. Искажённый атмосферной турбулентностью волновой фронт лазерного излучения. Цель работы. Экспериментальная оценка влияния потери данных измерений при виньетировании и центральном экранировании входного зрачка оптической системы на реконструкцию датчиком Шэка—Гартмана, искажённого атмосферной турбулентностью волнового фронта лазерного излучения, распространяющегося на горизонтальной атмосферной трассе. Метод. Экспериментальные исследования выполнены при распространении лазерного излучения на горизонтальной атмосферной трассе для различных коэффициентов экранирования и виньетирования. Результаты анализируются в терминах полиномов Цернике. Основные результаты. Представлены результаты экспериментальных исследований реконструкции волнового фронта лазерного излучения, искажённого атмосферной турбулентностью, датчи-

ком Шэка—Гартмана при виньетировании и центральном экранировании входного зрачка оптической системы. Показано, что влияние центрального экранирования несущественно для восстановления волнового фронта, и только имеющее место занижение сферической аберрации может потребовать доработки алгоритма адаптивной коррекции при работе систем адаптивной оптики. При виньетировании зрачка наиболее завышены значения аберрации кома. Практическая значимость. Датчик волнового фронта — ключевой элемент адаптивной оптической системы, от правильности измерений которого зависит конечный результат коррекции искажений волнового фронта оптического излучения. Полученные в работе результаты исследования имеют значение при разработке адаптивных оптических систем передачи и фокусировки лазерного излучения сквозь атмосферу.

24.04-01.308 Особенности построения оптикомеханического тракта дуплексной космической оптической линии связи. *Меснянкин Е.П., Потапов С.Л., Потапова Н.И. Оптический журнал.* 2024, 91, № 9, с. 5-17. Рус.

Предмет исследования. Схемы построения оптикомеханического тракта дуплексной лазерной космической связи (с общим приемо-передающим каналом и с раздельными каналами приема и передачи). Цель работы. Разработка оптикомеханического тракта для создания космической оптической линии связи при использовании промышленно выпускаемых источников и приемников излучения, применяемых в волоконно-оптических линиях связи, с учетом особенностей распространения лазерного излучения в космическом пространстве при больших дистанциях, на которых устанавливается связь, и скоростях передаваемой информации до 11 Гбит/с. Метод. Численное моделирование основных узлов оптико-механического тракта, в том числе, формирования гауссовых пучков и определения энергетических характеристик информационного излучения в приемном канале, формирования излучения сигнала лазера-маяка для точного наведения на терминал и удержания направления при осуществлении связи. Основные результаты. Предложена конструкция оптико-механического тракта для космической лазерной линии связи с системой наведения и сопровождения абонента, использующая в качестве передающих и приемных устройств трансиверы и волоконные усилители, разработанные для волоконно-оптических линий связи. Проведенные оценки точности наведения и сопровождения показывают возможность осуществления сеанса связи. Совокупность предложенных решений позволяет осуществлять лазерную связь на расстоянии до 40 000 км для передачи и приема информации со скоростью до 11 Гбит/с. Практическая значимость. Технические решения, предложенные в работе, позволяют проектировать космические терминалы для дуплексной лазерной связи с улучшенными массогабаритными и функциональными характеристиками. Результаты проведенного исследования развивают и дополняют существующие методы создания средств космической связи, что определяет их практическую значимость.

24.04-01.309 Модель и алгоритм расчета облученности космического объекта излучением Земли. *Меденников П.А., Павлов Н.И. Оптический журнал.* 2024, 91, № 9, с. 18-28. Рус.

Предмет исследования. Модель излучения Земли для расчета спектральной плотности облученности космического объекта, представляемого полигональной моделью, при его траекторном движении над различными участками земной поверхности с учетом влияния солнечной облученности, климатической зоны, сезонного фактора, облачности, высоты орбиты. Цель работы. Разработка алгоритма расчета спектральной плотности облученности космических объектов, близкого по своим возможностям к MODTRAN и автоматически подстраивающегося под изменяющиеся условия освещения при их движении в околоземном пространстве. Метод. Математическое моделирование излучения Земли, представленной в виде совокупности (суперпозиции) точечных источников — элементарных, послонно расположенных объемных фрагментов атмосферы, опирающихся на фрагмент земной поверхности, с применением инженерных расчетных методик и численных оценок оптических характеристик атмосферы. Основные результаты. Итерацион-

ный алгоритм расчета спектральной плотности облученности элементарной площадки (фасета) космического объекта излучением Земли с программным заданием в базе данных параметров, необходимых для вычислений. Работа итерационного алгоритма проиллюстрирована примером расчета интегральной по спектру энергетической облученности находящегося на высоте 300 км космического объекта (фасета), обусловленной исходящим от Земли излучением. Практическая значимость. Представленный итерационный алгоритм расчета спектральной плотности облученности космического объекта с базой данных о параметрах земной поверхности, атмосфере, облачном покрове и др. является важным инструментом для моделирования энергетических отражательно-излучательных характеристик космических объектов в околоземном пространстве.

24.04-01.310 Технология изготовления крупногабаритных линз с асферической поверхностью. Азаров С.А., Вензель В.И., Либик Ю.М., Семёнов А.А., Чекаль В.Н., Шевцов С.Е. Оптический журнал. 2024. 91, № 9, с. 73-81. Рус.

Предмет исследования. Изготовление линз с асферической поверхностью. Цель работы. Разработка технологии изготовления крупногабаритных асферических линз методом малоразмерного инструмента. Метод включает в себя предварительное формообразование асферической и сферической поверхностей, полировку асферической поверхности методом малоразмерного инструмента, изготовление специальной технологической оправы для линзы, позволяющей вести обработку сферической поверхности и промежуточную центровку асферической поверхности в технологической оправе, формообразование сферической поверхности, центрированной относительно базовых поверхностей технологической оправы, полирование сферической поверхности, установку линзы в рабочую оправу и центровку линзы в рабочей оправе с обработкой базовых поверхностей оправы. Основные результаты. Проведен анализ погрешности центровки линзы в зависимости от конической постоянной, относительного отверстия и диаметра линзы. Разработана и внедрена технология изготовления крупногабаритных линз с асферической поверхностью. Практическая значимость. Разработанная технология использована при создании высококрасно разрешающего инфракрасного объектива для оптико-электронной системы дистанционного зондирования Земли.

24.04-01.311 Технология создания крупногабаритного линзового объектива для инфракрасной области спектра из оптических кристаллов. Вензель В.И., Дмитриев И.Ю., Муравьева Е.С., Семёнов А.А. Оптический журнал. 2024. 91, № 9, с. 82-94. Рус.

Предмет исследования. Прогнозирование качества изображения крупногабаритного широкоугольного высокоапертурного линзового объектива для инфракрасной области спектра из оптических кристаллов, методы оптимизации его конструкции, сборки и юстировки. Цель работы. Разработка конструкции объектива, учитывающей влияние оптической однородности, расчетных и технологических допусков формы поверхностей и децентрировки линз на качество изображения и возможность компенсации остаточных аберраций при сборке и юстировке. Метод включает в себя выбор критерия качества изображения и расчет его допустимого снижения, распределение отклонения волнового фронта объектива между погрешностями, вызванными оптической неоднородностью материалов, децентрировкой линз и отклонением формы поверхностей, оценку неоднородности материалов с учетом формы поверхностей и хода лучей в линзах, исследование возможностей схемы объектива с целью компенсации остаточных аберраций, обоснование выбора конструкции объектива с минимальным количеством юстировочных подвижек линз. Основные результаты. Сформулированы критерии при выборе допусков на оптическую однородность материалов. Показана возможность создания высокотехнологичной насыпной конструкции шестилинзового объектива из оптических кристаллов, изготовленного по существующим технологиям. Практическая значимость. Предлагаемые технические решения были апробированы при создании высококрасно разрешающих объективов для оптико-электронной системы дистанционного зондирования Земли из космоса.

24.04-01.312 Мощные всплески и магнитоупругие

колебания магнитаров. Яковлев Д.Г. Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 1, с. 121-132. Рус.

Магнитары — нейтронные звезды, обладающие сверхсильными магнитными полями, которые могут заметно превышать 10^{15} Гс. В некоторых из них (так называемых источниках мягких повторяющихся гамма-всплесков, soft gamma repeaters — SGRs) время от времени происходят процессы мощного энерговыделения, вызывающие необычайно сильные всплески электромагнитного излучения. Считается, что эти всплески связаны с наличием сверхсильных магнитных полей. Несмотря на множество гипотез, их механизм остается загадкой. В последствии всплесков выявлены квазипериодические осцилляции (КПО). Они трактуются как собственные колебания звезды, возбуждаемые при всплесках, и используются для диагностики всплесков. Показана существенная неполнота теорий, использованных для интерпретации КПО.

24.04-01.313 Магнитные поля в окололунной плазме: свойства, проявления, эффекты. Зеленый Л.М., Попель С.И., Голубь А.П. Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 1, с. 133-148. Рус.

Рассматриваются возможные проявления магнитных полей в окололунной плазме. Отмечается, что благодаря действию магнитных полей в хвосте магнитосферы Земли возможен перенос частиц заряженной пыли над лунной поверхностью на большие расстояния. Соответственно, пылевая плазма над освещенной Солнцем поверхностью Луны может существовать для всего диапазона лунных широт. Из-за существенной локализации областей магнитных аномалий их влияние на перенос заряженных пылевых частиц над Луной несущественно. Тем не менее показано, что в зонах магнитных аномалий пылевая плазма «подавлена» по сравнению с ситуацией вне этих зон. Важным объектом исследования являются мини-магнитосферы, связанные с зонами лунных магнитных аномалий и ответственные за ряд оптических и спутниковых наблюдений, таких как «лунные завитки», нижегибридная турбулентность и т.д.

24.04-01.314 Ионосферные плазменно-пылевые облака: влияние неустойчивости Рэлея—Тейлора. Резниченко Ю.С., Дубинский А.Ю., Попель С.И. Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 3, с. 422-433. Рус.

Рассмотрены серебристые облака и полярные мезосферные радиоотражения ионосферы Земли, наблюдаемые на высотах около 80—95 км. Представлена самосогласованная модель, описывающая возможный механизм образования таких облаков. Показано, что, в отличие от ионосферы Марса, на Земле снижается влияние таких факторов, как взаимодействие пылевых частиц с налипающими молекулами водяного конденсата и снижение силы вязкого кнудсеновского трения в области нуклеации. Рассчитаны характерные размеры и заряды пылевых частиц облака, предсказываемые моделью. Показано, что важным фактором, влияющим на формирование плазменно-пылевых облаков земной мезосферы, является неустойчивость Рэлея—Тейлора, которая приводит к тому, что имеется ограничение (сверху) на размер микрочастицы облака.

24.04-01.315 Приближение Рэлея—Джинса в инфракрасном диапазоне теплового излучения звезд. Новикова О.В., Тюменков Г.Ю. Пробл. физ., мат. и техн. 2023, № 4, с. 39-42. Рус.

Проведена количественная оценка эффективности приближения Рэлея—Джинса для теплового излучения звезд в инфракрасной области спектра. Для ряда фиксированных температур рассчитано относительное отклонение спектральной плотности Рэлея—Джинса от планковской на границах диапазонов NIR, MIR и FIR. Для указанных диапазонов также определены относительные отклонения излучательных способностей, светимостей и блесков. Проведена оценка эффективности приближения для некоторых звезд.

24.04-01.316 Симуляционная модель системы адаптивного управления сегментами составного зеркала космического телескопа и ее метрологическая аттестация. Сычев В.В., Клем А.И. Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр. 2021, № 1, с. 14-32. Рус.

Статья посвящена измерительной задаче идентификации

неадекватности математической модели системы адаптивного управления сегментами составного зеркала крупногабаритного телескопа. Идентификация необходима для оценки достоверности указанной модели. Управление сегментами зеркала осуществляется с использованием двухосевого блока сервоприводов, построенного на основе синхронных электрических машин с постоянными магнитами. Блок сервоприводов осуществляет поворот каждого сегмента составного зеркала относительно своей оси симметрии, а также их наклон относительно центрального неподвижного опорного сегмента. Приведено общее описание структуры модели, а также обратной связи контура управления током с измерением фазных токов и преобразованиями координат. Представлены наборы исходных данных для метрологической аттестации модели. Метрологическая аттестация проведена с использованием программного обеспечения "ММК-стат М" в целях контроля эмпирических соотношений, определения диапазона применения модели, а также для обоснования ее достоверности. В процессе метрологической аттестации подтверждена достоверность модели системы управления составным зеркалом телескопа и найдена структура модели, позволяющая более точно описать измерительную задачу контроля пространственного положения объекта моделирования.

24.04-01.317 Распределение энергии в спектрах звезд, находящихся на поздних стадиях эволюции. Татаринов А.М., Желтоухов С.Г., Малик Е.Д. Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 3, с. 2430801. Рус.

Представлен каталог, содержащий сведения о распределении энергии в спектрах 263 звезд в диапазоне длин волн 0.4–100 мкм, находящихся на поздних стадиях эволюции и наблюдавшихся космической обсерваторией ISO. Для каждого объекта каталога по сглаженным кривым распределения энергии получены оценки наблюдаемых болометрических потоков. Каталог доступен на сайте <https://infra.sai.msu.ru/sai/lossed> как в виде таблицы, так и в машиночитаемом формате. Показано, что для указанной выборки объектов ISO SWS спектры в диапазоне 2.4–45 мкм лишь в 60% случаев соответствуют общей форме континуума, и могут быть использованы без перекалибровки. Проведен отбор углеродных звезд, доступных инфракрасным наблюдениям из обсерваторий МГУ. Для части из них получены первые оценки блеска в полосах K, L и M с новой ИК камерой LMP 2.5-м телескопа КГО.

24.04-01.318 Зависимость температурных режимов планетных атмосфер в Солнечной системе от продолжительности годового цикла. Могов И.И. Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 3, с. 2430802. Рус.

Представлены результаты сравнительного анализа различных характеристик температурных режимов атмосфер планет Солнечной системы и их зависимости от орбитальных параметров, в частности от продолжительности и угловой частоты годового цикла. В том числе отмечена корневая зависимость от угловой частоты сухадиабатического градиента температуры. Зависимость равновесной температуры планет в виде корня кубического угловой частоты годового цикла связана с третьим законом Кеплера. Для Венеры, Земли, Марса, Юпитера, Сатурна проявляется корневая зависимость высоты однородной атмосферы и тропосферы от продолжительности годового цикла, отмечены особенности атмосфер наиболее удаленных от Солнца планет — Урана и Нептуна.

24.04-01.319 Формирование изображения звезды при влиянии углового анизотропизма в турбулентной атмосфере. Богачев В.А., Немцева А.В., Стариков Ф.А. Журнал технической физики. 2024. 94, № 6, с. 827-837. Рус.

Проведено трехмерное численное моделирование распространения излучения естественной звезды через турбулентную атмосферу к телескопу, расположенному на Земле, а также получения ее изображения с помощью адаптивной оптики и техники лазерного опорного источника. Проведена верификация расчетной модели. Исследована и сравнена с приближенными аналитическими данными точность определения угловой координаты звезды с помощью излучения второй естественной звез-

ды, находящейся за пределами изопланарной области, при различном внешнем масштабе турбулентности. Ключевые слова: численное моделирование, турбулентная атмосфера, внешний масштаб турбулентности, угловой анизотропизм.

24.04-01.320 Открытие новых окон в раннюю Вселенную с помощью многоканальной астрономии (Мини-обзор). Арбузова Е.В., Долгих К.А., Долгов А.Д., Калайшев О.Е., Корочкин А.А., Панасенко Л.А., Поздняков Н.А., Рубцов Г.И., Руденко А.С., Ткачев И.И. Письма в ЖЭТФ. 2024. 119, № 7, с. 481-491. Рус.

В настоящее время в двух тесно связанных между собой областях фундаментальной физики, космологии и физике элементарных частиц, сложилась уникальная ситуация. Стандартная модель (СМ) физики частиц прекрасно описывает все имеющиеся экспериментальные данные, кроме осцилляций нейтрино. Примерно то же самое можно сказать и о стандартной космологической модели, сравнение которой с астрономическими наблюдениями, говорит, что мы хорошо понимаем законы эволюции Вселенной от ее "рождения" до наших дней. Однако для понимания механизмов большого ряда космологических явлений определено требуется выход за рамки СМ. Сюда в первую очередь относятся проблемы темной материи и темной энергии, генерации барионной асимметрии Вселенной и установления механизма инфляционного расширения. К числу менее известных, но тоже весьма важных проблем, базирующихся на основе обычной космологии и астрофизики, относятся проблема возникновения космических магнитных полей и недавно возникшая проблема существования во Вселенной массивных черных дыр в количестве, намного превышающем ожидания. Для понимания и возможного решения этих проблем очень важно проникнуть как можно глубже во Вселенную, получив данные о физических процессах на как можно более ранних стадиях космологической эволюции. Мощным методом для этого являются многоканальные (multi-messenger) наблюдения, использующие для этого все возможные каналы ("окна"): помимо традиционных наблюдений электромагнитного излучения во всех диапазонах длин волн и всех типов космических лучей, в последнее время открывается новое окно — наблюдения гравитационных волн. В наших работах, выполненных в рамках гранта Российского научного фонда "Открытие новых окон в раннюю Вселенную с помощью многоканальной астрономии", был проведен комбинированный анализ информации, полученной на основе различных астрономических данных. В частности, было проведено исследование характеристик космических магнитных полей и возможных механизмов их возникновения, а также исследование наблюдаемых проявлений первичных черных дыр на основе данных о гравитационных волнах, наблюдаемых на интерферометрах LIGO/Virgo/KAGRA.

24.04-01.321 Локальная термодинамика де Ситтера в $f(P)$ гравитации. De Sitter local thermodynamics in $f(P)$ gravity. Volovik G.E. Письма в ЖЭТФ. 2024. 119, № 7, с. 560-561. Англ.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S1234567824070140>.

24.04-01.322 Торсионно-вращательные переходы в метаноле как зонды фундаментальных физических постоянных — масс электрона и протона. Воротынцев Ю.С., Левшаков С.А. Письма в ЖЭТФ. 2024. 119, № 9, с. 635-637. Рус.

Рассмотрено использование торсионно-вращательных переходов в молекулах CH_3OH и $^{13}\text{CH}_3\text{OH}$ для оценки возможных вариаций физической постоянной $\mu = m_e/m_p$ — отношение массы электрона к массе протона — по спектральным наблюдениям линий излучения, обнаруженных в микроволновом диапазоне в плотном молекулярном облаке Oigion-KL. Получена оценка верхнего предела на относительное изменение μ двумя независимыми способами — по линиям $^{13}\text{CH}_3\text{OH}$ и по комбинации линий $^{13}\text{CH}_3\text{OH}$ и CH_3OH . Вычисленный верхний предел $\Delta\mu/\mu < 1.1 \cdot 10^{-8}$ (1σ) соответствует значениям наиболее жестких ограничений на вариабельность фундаментальных физических постоянных, установленных другими астрофизическими методами.

24.04-01.323 Метастабильные объекты во Вселенной

и их возможная связь со “стрелой времени”. *Бражский В.В. Письма в ЖЭТФ. 2024. 119, № 12, с. 948-952. Рус.*

Обсуждается связь наличия во Вселенной метастабильных объектов с различным “временем жизни” с ростом энтропии и “стрелой времени”. Конечное “время жизни” метастабильных объектов позволяет приписать многим из них существование собственных “локальных часов”. Распад любой метастабильной системы во Вселенной приводит к образованию более стабильных объектов и к испусканию фотонов и других частиц. Эти фотоны и частицы взаимодействуют с частицами более стабильных подсистем во Вселенной, что приводит к их эргодичности. Испускание фотонов в расширяющейся Вселенной при распаде метастабильных состояний делает эти процессы необратимыми и задает “стрелу времени”, несмотря на обратимость физических уравнений, описывающих данные процессы.

24.04-01.324 Происхождение астрофизических нейтрино высоких энергий: новые результаты и перспективы. *Троицкий С.В. УФН. 2024. 194, № 4, с. 371-383. Рус.*

Нейтринная астрофизика высоких энергий интенсивно развивается, и в течение последних двух лет были получены новые интересные результаты. Среди них — подтверждение существования диффузного потока астрофизических нейтрино новым независимым экспериментом Baikal-GVD, открытие нейтринного излучения нашей Галактики, новые подтверждения связи части астрофизических нейтрино с блазарами и многое другое. Этот краткий обзор, основанный на докладе автора на сессии ОФН РАН “Гамма-кванты и нейтрино из космоса: что видим сейчас и что нужно, чтобы увидеть больше”, суммирует результаты, полученные после публикации обзора (УФН 191 1333 (2021)), и может служить дополнением к нему.

24.04-01.325 Источники космического излучения высоких энергий. *Быков А.М. УФН. 2024. 194, № 4, с. 384-403. Рус.*

Коллапс ядер массивных звёзд и слияния компактных релятивистских звёзд сопровождаются быстрым выделением огромной энергии — порядка энергии покоя звезды. Вспышки сверхновых и гамма-всплески, связанные с данными процессами, наблюдаются современными телескопами практически ежедневно. Излучение от таких источников наблюдается во всём диапазоне электромагнитного спектра, детектированы нейтрино от сверхновой 1987А и гравитационные волны от слияния релятивистских звёзд. Наряду с быстропеременными и транзиентными событиями, существенно более длительное время высокую светимость в рентгеновском и гамма-диапазонах демонстрируют релятивистские компактные остатки коллапсировавшей звезды: аккрецирующие чёрные дыры и быстро вращающиеся пульсары. Крабовидная туманность и пульсары в двойных гамма-источниках являются замечательными галактическими лабораториями, где можно изучать релятивистские ветры, работающие как космические ускорители частиц высоких энергий. Исследование физических процессов, приводящих к преобразованию гравитационной и вращательной энергии релятивистских объектов в мощное электромагнитное излучение и потоки нейтрино высоких энергий, представляют уникальные возможности проверки фундаментальных законов физики в экстремальных условиях, недостижимых в лабораторных экспериментах на Земле. В работе представлен краткий обзор результатов наблюдений и моделирования нетепловых процессов в космических источниках высокоэнергичного излучения и обсуждаются перспективы развития этих исследований.

24.04-01.326 Детекторы и интегральные схемы орбитальных телескопов. *Левин В.В., Кривченко А.В., Кузнецова М.В., Лутовинов А.А., Мереминский И.А., Ротин А.А. УФН. 2024. 194, № 4, с. 404-415. Рус.*

Развитие рентгеновской астрономии невозможно без развития технологии рентгеновских детекторов. В настоящее время полупроводниковые детекторы рентгеновского излучения обеспечивают наилучшие характеристики с точки зрения временного и энергетического разрешения. В работе представлено описание трёх типов полупроводниковых детекторов, их чувствительных элементов и специализированных интегральных схем обработки сигналов для проектов “Спектр-РГ”, “Гамма-400” и космического эксперимента “Монитор всего неба”.

24.04-01.327 Современные кремниевые детекторы для гамма-астрофизики. *Вербицкая Е.М., Ерёмин В.К. УФН. 2024. 194, № 4, с. 416-431. Рус.*

Устойчивой тенденцией совершенствования гамма-телескопов является создание их 3D чувствительной среды — трекеров на основе кремниевых позиционно-чувствительных детекторов. Среди них планарные двухсторонние кремниевые стриповые детекторы (DSSDs) планируется использовать в телескопах международных обсерваторий и российского проекта ГЕРМЕС. Приведены характеристики прототипов DSSDs для телескопов e-ASTROGAM и ГЕРМЕС и рассмотрены критические элементы детекторов. Показана реальность создания кремниевых трекеров на основе существующих в России физической и технологической баз разработок кремниевых детекторов.

24.04-01.328 Крупноформатные системы регистрации изображений на базе твердотельных детекторов в оптической астрономии. *Власюк В.В., Афанасьева И.В., Ардиланов В.И., Мурзин В.А., Иващенко Н.Г., Притыченко М.А., Додонов С.Н. УФН. 2024. 194, № 4, с. 432-445. Рус.*

Анализируются вопросы развития технологии создания твердотельных детекторов излучения различных типов для оптической астрономии. Рассматриваются принципы построения астрономических фотоприёмных систем на основе крупноформатных ПЗС- (прибор с зарядовой связью) и КМОП- (комплемментарная структура металл—оксид—полупроводник) приёмников. Приведены примеры наиболее результативных проектов с их применением. Изложена история создания оптических детекторов для отечественных телескопов, кратко приводится описание и характеристики разработанных систем. Представлены результаты испытаний в ходе реальных исследований. Обсуждаются перспективы создания крупноформатных систем на базе ПЗС- и КМОП-детекторов отечественного и зарубежного производства.

24.04-01.329 Детекторы фотонов нейтринных телескопов. *Лубсандоржиев Б.К. УФН. 2024. 194, № 4, с. 446-453. Рус.*

Нейтринные телескопы своим грандиозным успехом, свидетельствами которого мы являемся сегодня, обязаны в первую очередь детекторам фотонов. Детекторы фотонов — это “рабочие лошади” нейтринных телескопов. В настоящей статье делается краткий обзор детекторов фотонов, используемых в нейтринных телескопах, описываются различные подходы в разработках детекторов фотонов для таких приложений, обсуждаются перспективы разработок новых детекторов фотонов для нейтринных телескопов следующего поколения.

24.04-01.330 Физические процессы формирования и особенности плазменно-пылевой экзосферы Луны. *Зелёный Л.М., Захаров А.В., Попель С.И., Кузнецов И.А., Розенфельд Е.В. УФН. 2024. 194, № 6, с. 569-599. Рус.*

Обзор посвящён исследованию физических процессов, связанных с воздействием внешних факторов космического пространства: потоков микрометеороидов, солнечного излучения — на лунный реголит. Под влиянием этих факторов микрочастицы реголита могут отрываться от поверхности и левитировать. Приповерхностная плазма и левитирующие пылевые частицы формируют плазменно-пылевую экзосферу Луны. При антропогенном воздействии на лунную среду заряженные левитирующие микрочастицы могут оказывать крайне негативное влияние на инженерные системы посадочных аппаратов, деятельность и здоровье астронавтов, находящихся на Луне. В статье анализируются современные представления о физических процессах у поверхности Луны на основе сведений, полученных автоматическими лунными аппаратами, а также при проведении лабораторных экспериментов. Рассмотрены нерешённые проблемы, связанные с плазменно-пылевой экзосферой Луны, намечены основные пути их решений.

24.04-01.331 Алмазная фаза углерода в космосе и возможности её обнаружения спектроскопическими методами. *Ширяев А.А. УФН. 2024. 194, № 6, с. 600-617. Рус.*

Возможность существования алмазной фазы углерода в космическом пространстве является темой многочисленных экспериментальных и теоретических исследований. В статье представлено обсуждение основных механизмов формирования наноалмазов и результаты экспериментальных спектроскопических и структурных исследований нано- и микроалмазов из метеоритов. Проводится сравнение спектроскопических свойств алмазов разного размера. Инфракрасная спектроскопия позволяет идентифицировать C—H-группы на поверхности горячих наноалмазных зёрен. Обнаружение азотных дефектов в наноалмазах спектроскопическими методами крайне затруднительно. Показано, что люминесценция примесных дефектов, в частности центра кремний—вакансия (SiV), реально присутствующего в метеоритных наноалмазах, открывает принципиальную возможность их обнаружения методами наблюдательной астрономии.

24.04-01.332 О применении гармонических сигналов для моделирования работы измерительных и корректирующих оптических систем в турбулентной атмосфере. *Лукин В.П. Автометрия.* 2024. 60, № 3, с. 41-47. Рус.

Исследуется вопрос корректности использования гармонического сигнала для моделирования работы измерительных фазовых систем, например систем адаптивной оптики, измеряющих и корректирующих турбулентные искажения. Выполнены оценки временной эволюции фазовых искажений для оптической волны при её распространении в турбулентной атмосфере. При анализе эволюции фазовых искажений в оптической волне, обусловленных действием турбулентности, рассчитывается отношение дисперсий первой и второй производных для приращения фазовых искажений за определённый временной интервал. Величина этого отношения сравнивается с этой же величиной при моделировании временных искажений при применении гармонического сигнала. Оказалось, что при моделировании временной эволюции фазовых искажений с использованием гармонических сигналов необходимо учитывать не только первую производную этого приращения, но и как минимум вторую производную.

24.04-01.333 Постановка задачи выбора схемных решений мультироторного летательного аппарата для исследования планеты Венера. *Яценко М.Ю., Воронцов В.А. Вестник Московского авиац. ин-та.* 2024. 31, № 2, с. 67-74. Рус.

В настоящее время для российских ученых изучение планеты Венера с помощью автоматических космических аппаратов и различных технических средств в их составе представляет собой одно из приоритетных и активно развивающихся направлений в области планетных исследований. Авторами предлагается включить в состав перспективной миссии на Венеру новое дополнительное техническое средство исследования атмосферы и поверхности этой планеты — мультироторный летательный аппарат, для чего требуется разработать схемные решения такого технического средства. В статье рассматривается постановка задачи выбора схемных решений мультироторного летательного аппарата как нового технического средства исследования Венеры. Показано, что данная задача рассматривается в виде совокупности двух подзадач, для каждой из которых выбираются критерии эффективности и соответствующие схемным решениям схемотобразующие признаки. Записаны вы-

ражения для критериев эффективности и показателей функциональной эффективности. Корректная постановка задачи позволит максимально рационально разработать и выбрать окончательные варианты схемных решений мультироторного летательного аппарата для включения в состав перспективной экспедиции на Венеру.

24.04-01.334 Проектно-баллистический анализ выведения космического аппарата на гелиоцентрическую орбиту с наклоном 30 градусов к плоскости солнечного экватора. *Константинов М.С., Шевченко В.В. Вестник Московского авиац. ин-та.* 2024. 31, № 2, с. 144-154. Рус.

Анализируется выведение космического аппарата (КА) на рабочую гелиоцентрическую орбиту с целью обеспечить требуемое наклонение 30° к плоскости солнечного экватора за счет применения серии пассивных гравитационных маневров (ГМ) у Земли и Венеры. КА выводится на низкую околоземную орбиту с помощью ракеты-носителя «Союз-2.1б». КА оснащен комбинированной двигательной установкой (ДУ), состоящей из химического разгонного блока (ХРБ) «Фрегат», участвующего в старте КА с опорной околоземной орбиты с последующим его отделением, и электроракетной двигательной установки (ЭР-ДУ) на базе одного двигателя «СПД-140Д». Траектории выведения оптимизируются с использованием принципа максимума Понтрягина. Выбранная схема полета позволила значительно уменьшить время выведения на заданную гелиоцентрическую орбиту с 5 до 3,2 лет, масса КА на этой орбите составила 1500 кг.

24.04-01.335 Характеристики резонансных орбит солнечных парусов вблизи точки L2 в системе Земля—Луна. *Юй В., Старикова О.Л. Вестник Московского авиац. ин-та.* 2024. 31, № 2, с. 155-163. Рус.

В рамках будущих проектов по исследованию и освоению Луны, спутники-ретрансляторы для связи между Землей и Луной, особенно обратной стороной и полярными регионами Луны, где планируют построить постоянные базы, вызывают значительный интерес. Резонансные орбиты, сформированные с применением солнечных парусов, имеют регулируемые формы и положения орбит при фиксированных периодах обращения и могут лучше соответствовать требованиям для размещения определенных спутников-ретрансляторов по сравнению с естественными периодическими орбитами. В данной статье разработана методика определения резонансных орбит около точки либрации L2 в системе Земля—Луна на основе круговой ограниченной модели динамики трех тел с использованием метода множественной стрельбы. Кроме того, рассмотрены изменение резонансных орбит под влиянием изменений начального положения Солнца, величины номинального ускорения от светового давления и углов установки солнечного паруса. В результате исследования получены новые типы периодических орбит для размещения спутников-ретрансляторов в системе Земля—Луна, и зависимости изменения резонансных орбит от проектных параметров и параметров управления космических аппаратов с солнечным парусом.

См. также [24.04-01.7](#), [24.04-01.8](#), [24.04-01.17](#), [24.04-01.18](#), [24.04-01.72](#), [24.04-01.79](#), [24.04-01.214](#), [24.04-01.215](#), [24.04-01.216](#), [24.04-01.258](#), [24.04-01.260](#), [24.04-01.261](#), [24.04-01.267](#)

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- G**
Grigoryan E.R. 24.04-01.63
- J**
Jilavyan S.H. 24.04-01.63
- K**
Kappala Sobhanbabu 24.04-01.294
Karanyan D.S. 24.04-01.223
Komarov F.F. 24.04-01.257
Krishna Mandala 24.04-01.294
- L**
Litvinov V.L. 24.04-01.104
Litvinova K.V. 24.04-01.104
- P**
Parkhomenko I.N. 24.04-01.257
- R**
Radi E. 24.04-01.57
- S**
Santhikumar Rajamahanthi
24.04-01.294
- V**
Volovik G.E. 24.04-01.321
- W**
Wang T. 24.04-01.257
Wu Xiulan 24.04-01.262
- X**
Xue Ju. 24.04-01.257
- Y**
Yang G. 24.04-01.257
Yang Xiaoxin 24.04-01.262
- Z**
Zhuang Jibao 24.04-01.262
- A**
Абеленцев А.П. 24.04-01.193
Абрамян М.Г. 24.04-01.277
Агаев А.Р. 24.04-01.213
Адзерихо И.Э. 24.04-01.252
Азаров А.А. 24.04-01.85
Азаров С.А. 24.04-01.310
Айвазов С.А. 24.04-01.264
Акимов П.А. 24.04-01.270
Аксенов С.П. 24.04-01.158
Акулова Н.А. 24.04-01.278
Алавердян Р.Б. 24.04-01.113
Александров Е.Б. 24.04-01.13,
24.04-01.14
Александров М.А. 24.04-01.285,
24.04-01.286
- Алифов А.А. 24.04-01.82
Альчаков В.В. 24.04-01.177
Андреев Н.К. 24.04-01.234
Андреанова Е.А. 24.04-01.83
Андреанова Е.Г. 24.04-01.259
Анискович В.А. 24.04-01.155
Аносов А.А. 24.04-01.145
Антохин П.Н. 24.04-01.208
Антохина О.Ю. 24.04-01.208
Апраксина Е.Ю. 24.04-01.228
Аптекарев А.И. 24.04-01.6
Арбузова Е.В. 24.04-01.320
Ардиланов В.И. 24.04-01.328
Артюнян С.В. 24.04-01.277
Асеев Е.М. 24.04-01.245
Асланов Т.Г. 24.04-01.211
Афанасьев Л.В. 24.04-01.201
Афанасьев Н.Т. 24.04-01.269
Афанасьева И.В. 24.04-01.328
Ахатов И.Ш. 24.04-01.116
Ашуров Д.А. 24.04-01.117
- Б**
Бабанин Н.В. 24.04-01.86
Бабич Е.В. 24.04-01.199
Багаев С.Н. 24.04-01.13
Багрец Д.А. 24.04-01.144
Бадмаев Б.Б. 24.04-01.120
Бакушинский А.Б. 24.04-01.26
Баландин И.А. 24.04-01.136
Балега Ю.Ю. 24.04-01.15
Барсуков А.Р. 24.04-01.150,
24.04-01.152
Басараб М.А. 24.04-01.131
Баташова С.С. 24.04-01.135
Батшев В.И. 24.04-01.136,
24.04-01.137
Бахтин В.К. 24.04-01.235
Башкатов В.В. 24.04-01.115
Бегишев А.М. 24.04-01.41
Безродных С.И. 24.04-01.6
Бекренев Н.В. 24.04-01.156
Белов А.А. 24.04-01.300
Белов Ю.И. 24.04-01.305
Белый В.Н. 24.04-01.128,
24.04-01.134
Беляев К.П. 24.04-01.46
Беляев Р.В. 24.04-01.145,
24.04-01.154
Березина А.А. 24.04-01.292
Блинков А.П. 24.04-01.176
Блинов А.О. 24.04-01.79
Бобоев А.Й. 24.04-01.149
Бобренко В.М. 24.04-01.241
Бобров В.Т. 24.04-01.241
Богачев А.С. 24.04-01.155
Богачев В.А. 24.04-01.319
Богаченков А.Н. 24.04-01.229,
24.04-01.232
Богомоллов В.В. 24.04-01.174
Бодрова И.В. 24.04-01.281
Бойков К.А. 24.04-01.231
Большасова Л.А. 24.04-01.289,
24.04-01.307
Большаков Р.С. 24.04-01.76
Большакова О.С. 24.04-01.198
Бондур В.Г. 24.04-01.15
Борец А.С. 24.04-01.214
Борисенко В.В. 24.04-01.155
Борисов А.А. 24.04-01.241
Борисов А.В. 24.04-01.79
Борисов В.Е. 24.04-01.43
- Борисова В.Л. 24.04-01.79
Борисова Н.В. 24.04-01.272
Бородина Е.Л. 24.04-01.34
Босаков С.В. 24.04-01.70
Бражкин В.В. 24.04-01.323
Будадин О.Н. 24.04-01.155
Будовский А.В. 24.04-01.219
Бузникова Л.А. 24.04-01.278
Булкин В.В. 24.04-01.217
Булыгин Ю.И. 24.04-01.219
Бунчук К.А. 24.04-01.147
Бурдуковская В.Г. 24.04-01.163
Буров А.А. 24.04-01.293
Бурховецкий В.В. 24.04-01.129
Бучаченко А.Л. 24.04-01.12
Быков А.М. 24.04-01.2, 24.04-01.325
Бычков О.П. 24.04-01.197
- В**
Вагапов А.И. 24.04-01.234
Ван С.-М. 24.04-01.51
Варнавальская Д.В. 24.04-01.136
Василевский М.И. 24.04-01.265
Василенко А.В. 24.04-01.193
Васильев Е.О. 24.04-01.291
Васильяк Л.М. 24.04-01.306
Вафин К.М. 24.04-01.215
Веденеев В.В. 24.04-01.117
Вензель В.И. 24.04-01.310,
24.04-01.311
Вербин А.В. 24.04-01.285
Вербицкая Е.М. 24.04-01.327
Верещагина Е.А. 24.04-01.224
Владимирская Т.Э. 24.04-01.252
Власенко А.В. 24.04-01.41
Власюк В.В. 24.04-01.328
Внуков А.А. 24.04-01.271,
24.04-01.273
Волгин П.Н. 24.04-01.171
Волков А.Е. 24.04-01.18
Волков Г.П. 24.04-01.154
Волков Д.В. 24.04-01.271,
24.04-01.273
Волкова А.А. 24.04-01.159
Волкова И.И. 24.04-01.264
Володарский А.Б. 24.04-01.112
Воронцов В.А. 24.04-01.333
Воротников Д.И. 24.04-01.49
Воротынцева Ю.С. 24.04-01.322
Вотякова М.М. 24.04-01.160
Вьонг К.Ч. 24.04-01.76
Вьюгинов С.Н. 24.04-01.146
Вьюгинова А.А. 24.04-01.146
- Г**
Гаврилов Л.Р. 24.04-01.52
Галиев А.Л. 24.04-01.108
Галиева Т.Г. 24.04-01.234
Галюк Ю.П. 24.04-01.216
Гареев Л.Р. 24.04-01.117
Гарнов С.В. 24.04-01.15
Геворкян А.В. 24.04-01.231
Герасимова С.К. 24.04-01.295
Герасимчук В.В. 24.04-01.72
Гешеле В.Д. 24.04-01.38
Гильманов А.Я. 24.04-01.213
Гималтдинов И.К. 24.04-01.47,
24.04-01.108, 24.04-01.110
Гладков С.О. 24.04-01.109
Глазков С.А. 24.04-01.44
Глебова Г.М. 24.04-01.238

Гозбенко В.Е. 24.04-01.76
 Гололобов П.Ю. 24.04-01.295
 Голубь А.П. 24.04-01.313
 Голых Р.Н. 24.04-01.150,
 24.04-01.152, 24.04-01.153
 Голяк Ил.С. 24.04-01.267
 Гонтаренко А.А. 24.04-01.198
 Гончар А.В. 24.04-01.30
 Гончарова И.А. 24.04-01.79
 Горбацевич Ф.Ф. 24.04-01.233
 Горбунов С.А. 24.04-01.18
 Гореликова А.Е. 24.04-01.266
 Горецкая А.Г. 24.04-01.218
 Горлин А.В. 24.04-01.188
 Горлов И.В. 24.04-01.206
 Горчинский С.О. 24.04-01.3,
 24.04-01.4
 Горшков А.Б. 24.04-01.1
 Господинов С.Г. 24.04-01.280
 Гочаков А.В. 24.04-01.208
 Грабчиков С.С. 24.04-01.268
 Грабчикова Е.А. 24.04-01.268
 Грановский Н.В. 24.04-01.145
 Графодатский О.С. 24.04-01.274
 Грехнева К.К. 24.04-01.305
 Григорьев В.Г. 24.04-01.295
 Гриненков А.В. 24.04-01.182
 Гришакин В.Т. 24.04-01.75
 Губин М.С. 24.04-01.243
 Губко М.А. 24.04-01.162
 Гузев М.А. 24.04-01.6
 Гунасекара У.Д.С. 24.04-01.220
 Гурьяева А.В. 24.04-01.135

Д

Давыдова Е.А. 24.04-01.139
 Данилов В.Г. 24.04-01.4
 Данилов В.Н. 24.04-01.240,
 24.04-01.242
 Данилюк Б.А. 24.04-01.285
 Демарева А.И. 24.04-01.65,
 24.04-01.66, 24.04-01.67,
 24.04-01.68
 Дембелова Т.С. 24.04-01.120
 Дементьев К.В. 24.04-01.177
 Демьянюк Д.Н. 24.04-01.189
 Денисов В.Е. 24.04-01.157,
 24.04-01.230
 Денисов З.А. 24.04-01.270
 Дерябин М.С. 24.04-01.235
 Дешко И.П. 24.04-01.280
 Дидятев Д.В. 24.04-01.187
 Дикарев А.В. 24.04-01.193
 Димидов В.Е. 24.04-01.192
 Динцер А.И. 24.04-01.161
 Дмитриев И.Ю. 24.04-01.311
 Дмитриев К.В. 24.04-01.27
 Дмитриев С.М. 24.04-01.193
 Дмитриев С.Н. 24.04-01.99
 До Ву Минь Тханг 24.04-01.29
 Доброхотов С.Ю. 24.04-01.4,
 24.04-01.160
 Добрышкин А.Ю. 24.04-01.77
 Додонов С.Н. 24.04-01.328
 Докукова Н.А. 24.04-01.53
 Долгих Г.И. 24.04-01.165
 Долгих К.А. 24.04-01.320
 Долгих С.Г. 24.04-01.165
 Долгов А.Д. 24.04-01.320
 Дракон А.В. 24.04-01.244
 Драпезо А.П. 24.04-01.268
 Дробыш М.В. 24.04-01.203
 Дубинский А.Ю. 24.04-01.314
 Дубовицкий А.Н. 24.04-01.203

Дьяченко Т.А. 24.04-01.129
 Дягилев М.В. 24.04-01.178

Е

Егоров А.С. 24.04-01.156
 Елисеев А.В. 24.04-01.78
 Елисеев Д.В. 24.04-01.274
 Елясин П.А. 24.04-01.228
 Еманов Д.П. 24.04-01.140
 Епифанов Р.Ю. 24.04-01.264
 Епихин А.И. 24.04-01.255
 Еремин А.В. 24.04-01.244
 Ерёмин В.К. 24.04-01.327
 Еремин М.А. 24.04-01.291
 Ермаков С.А. 24.04-01.289
 Ермолаев В.И. 24.04-01.180
 Ермолаев Ю.Г. 24.04-01.200
 Ермошкин Ю.М. 24.04-01.271,
 24.04-01.273
 Ерофеев А.В. 24.04-01.145
 Ершов А.А. 24.04-01.44
 Есина П.А. 24.04-01.275

Ж

Жаров В.А. 24.04-01.31
 Жбанков Г.А. 24.04-01.238
 Желтоухов С.Г. 24.04-01.317
 Жиряков А.В. 24.04-01.72
 Жуйков Д.А. 24.04-01.41
 Жуков В.Б. 24.04-01.185
 Жуков Д.О. 24.04-01.259
 Жуков К.И. 24.04-01.18
 Журавков М.А. 24.04-01.55

З

Забродский А.Г. 24.04-01.14
 Завершинский Д.И. 24.04-01.298
 Завьялова Н.А. 24.04-01.215,
 24.04-01.296
 Задков В.Н. 24.04-01.13
 Зайнабидинов С.З. 24.04-01.149
 Залавина С.В. 24.04-01.228
 Засов А.В. 24.04-01.290
 Захаров А.В. 24.04-01.330
 Захаров А.Г. 24.04-01.248
 Захарченко В.Д. 24.04-01.270
 Захарьева О.В. 24.04-01.176
 Захидов А.А. 24.04-01.13
 Зверев В.А. 24.04-01.222
 Зелёный Л.М. 24.04-01.15
 Зелёный Л.М. 24.04-01.313
 Зелёный Л.М. 24.04-01.330
 Зеленько А.А. 24.04-01.46
 Злобина И.В. 24.04-01.156
 Зограф Ф.Г. 24.04-01.119
 Золин Д.А. 24.04-01.127
 Золотухина А.А. 24.04-01.135
 Зоркальцева О.С. 24.04-01.208
 Зотов К.В. 24.04-01.138
 Зубарь Т.И. 24.04-01.268
 Зуев А.С. 24.04-01.148
 Зуськова В.Н. 24.04-01.73
 Зыков С.В. 24.04-01.259

И

Ибрахим А. 24.04-01.191
 Иванов А.В. 24.04-01.65, 24.04-01.66,
 24.04-01.67, 24.04-01.68
 Иванов В.В. 24.04-01.274
 Иванов Д.А. 24.04-01.234
 Иванов О.О. 24.04-01.117

Иванов С.В. 24.04-01.14
 Иващенко Н.Г. 24.04-01.328
 Ивченко Е.Л. 24.04-01.13,
 24.04-01.14
 Изюмов А.О. 24.04-01.228
 Ильин В.Б. 24.04-01.7
 Ильичев А.Т. 24.04-01.168
 Ильичев В.Ю. 24.04-01.88

К

Кабанихин С.И. 24.04-01.6
 Кабанов С.И. 24.04-01.202
 Казак Н.С. 24.04-01.134
 Казаков В.В. 24.04-01.142
 Казаков Д.И. 24.04-01.15
 Казаков Л.И. 24.04-01.121
 Калашёв О.Е. 24.04-01.320
 Калашников Е.В. 24.04-01.245,
 24.04-01.246, 24.04-01.247
 Калининченко В.А. 24.04-01.48
 Калининченко М.В. 24.04-01.217
 Калошин В.А. 24.04-01.241
 Калугина М.С. 24.04-01.187
 Камчатнов А.М. 24.04-01.13
 Кананыхин О.А. 24.04-01.137
 Канафьев О.Д. 24.04-01.268
 Каплунов Д. 24.04-01.97
 Капустин И.А. 24.04-01.50
 Каракозова А.И. 24.04-01.60
 Карпенко А.А. 24.04-01.264
 Картопольцев В.М. 24.04-01.106
 Касьянов Д.А. 24.04-01.235
 Кауфман Д.В. 24.04-01.80
 Кафтайкина Е.Н. 24.04-01.53
 Кафтайкина Е.Н.; Докукова Н.А.
 24.04-01.54
 Кашин Б.С. 24.04-01.6
 Кашинский О.Н. 24.04-01.266
 Кведер В.В. 24.04-01.13, 24.04-01.14,
 24.04-01.15
 Киन्द्रук А.Н. 24.04-01.71
 Кинжагулов И.Ю. 24.04-01.243
 Кириллов А.Г. 24.04-01.30
 Кирюхин А.В. 24.04-01.212
 Киселев А.Н. 24.04-01.127
 Кисляков С.В. 24.04-01.6
 Клем А.И. 24.04-01.316
 Клочев В.В. 24.04-01.241
 Ключников С.А. 24.04-01.246,
 24.04-01.247
 Ковалёв В.В. 24.04-01.283
 Ковалевский М.В. 24.04-01.233
 Ковалевский Н.Г. 24.04-01.171
 Коваленко И.Г. 24.04-01.270
 Кожевников А.И. 24.04-01.50
 Козин В.М. 24.04-01.167
 Козлов А.Б. 24.04-01.136
 Козлов В.В. 24.04-01.4, 24.04-01.6
 Козлов В.И. 24.04-01.295
 Козунова О.В. 24.04-01.70
 Койгеров А.С. 24.04-01.130
 Коковкин И.В. 24.04-01.221
 Кокшайский А.И. 24.04-01.112
 Колачевский Н.Н. 24.04-01.16
 Колесник Е.В. 24.04-01.199
 Колмогоров В.С. 24.04-01.178
 Кольга В.В. 24.04-01.276
 Кондратьев Е.К. 24.04-01.100
 Коновалова Н.С. 24.04-01.18
 Консон А.Д. 24.04-01.159
 Константинов М.С. 24.04-01.334
 Константиновская Т.В. 24.04-01.43
 Копьев В.Ф. 24.04-01.37
 Корзюк В.И. 24.04-01.107

- Корляков А.В. 24.04-01.130
Корнев В.М. 24.04-01.275
Корнеева А.А. 24.04-01.36
Корнеевец А.С. 24.04-01.129
Корнилов В.И. 24.04-01.196
Коробов А.И. 24.04-01.112
Королев В.В. 24.04-01.291
Королева Ю.Л. 24.04-01.272
Корольков А.А. 24.04-01.191
Короченцев В.И. 24.04-01.162
Корочкин А.А. 24.04-01.320
Корщупова М.Р. 24.04-01.244
Косинов А.Д. 24.04-01.200,
24.04-01.201
Костин М.С. 24.04-01.231
Костюхин А.С. 24.04-01.243
Коцов К.И. 24.04-01.236
Кочанова Е.Ю. 24.04-01.47,
24.04-01.110
Кочев Ю.В. 24.04-01.271,
24.04-01.273
Кочеткова А.А. 24.04-01.234
Кошечкина М.А. 24.04-01.188
Красильник З.Ф. 24.04-01.14
Красников Г.Я. 24.04-01.14
Краяни Х.А. 24.04-01.7
Кривченко А.В. 24.04-01.326
Криксин Ю.А. 24.04-01.263
Крупчатников В.Н. 24.04-01.208
Крутиков В.А. 24.04-01.288
Крутов В.В. 24.04-01.125,
24.04-01.126
Крыжко С.М. 24.04-01.65,
24.04-01.66, 24.04-01.67,
24.04-01.68
Крымский Г.Ф. 24.04-01.295
Крысько В.А. 24.04-01.103
Кубкин В.А. 24.04-01.193
Кувькин Ю.А. 24.04-01.237,
24.04-01.249, 24.04-01.250
Кувьркин Г.Н. 24.04-01.35
Кудашев Е.Б. 24.04-01.170
Кудж С.А. 24.04-01.280
Кудрявцев И.В. 24.04-01.61,
24.04-01.62
Кудряев А.А. 24.04-01.236
Кузнецов А.А. 24.04-01.215,
24.04-01.296
Кузнецов А.Б. 24.04-01.202
Кузнецов А.Г. 24.04-01.176
Кузнецов Г.Н. 24.04-01.158,
24.04-01.238
Кузнецов Д.А. 24.04-01.72
Кузнецов И.А. 24.04-01.330
Кузнецов Н.К. 24.04-01.78
Кузнецова М.В. 24.04-01.326
Кузькин В.М. 24.04-01.175
Кузьмин А.А. 24.04-01.154
Кулак А.И. 24.04-01.252
Кулак Г.В. 24.04-01.128, 24.04-01.143
Кулешов А.А. 24.04-01.46
Кулик А.В. 24.04-01.122
Куликов Вик.С. 24.04-01.3
Кульков Д.С. 24.04-01.207
Кунина В.А. 24.04-01.135
Куражова А.В. 24.04-01.226
Курашкин К.В. 24.04-01.30
Курников А.А. 24.04-01.142
Куртин А.А. 24.04-01.65,
24.04-01.66, 24.04-01.67,
24.04-01.68
- Л**
Ларченкова Т.И. 24.04-01.17
- Лачугина Е.А. 24.04-01.58
Лебедев А.Б. 24.04-01.203
Лебедев А.В. 24.04-01.124
Лебедев М.С. 24.04-01.122
Лебедева Е.Г. 24.04-01.253,
24.04-01.256
Левин В.В. 24.04-01.326
Левицкий А.А. 24.04-01.119
Лёвочкин П.С. 24.04-01.241
Левченко А.А. 24.04-01.15
Левшаков С.А. 24.04-01.322
Ледков А.С. 24.04-01.300
Леоненко Д.В. 24.04-01.56
Леонов А.С. 24.04-01.26
Леонов К.В. 24.04-01.116
Леончик Е.В. 24.04-01.252
Ли В.-Б. 24.04-01.51
Ли Ц.-Б. 24.04-01.51
Либик Ю.М. 24.04-01.310
Лисейкин А.В. 24.04-01.221
Литвак А.Г. 24.04-01.14
Литвинов В.Л. 24.04-01.102
Литвинова К.В. 24.04-01.102
Лихачёв С.Ф. 24.04-01.17
Лихолетова М.В. 24.04-01.123
Лобов И.Ж. 24.04-01.162
Лобова Т.Ж. 24.04-01.162
Лободин И.Е. 24.04-01.239
Лозовик Ю.Е. 24.04-01.13
Лосев А.В. 24.04-01.268
Лубсандоржиев Б.К. 24.04-01.329
Лукин А.В. 24.04-01.81
Лукин В.П. 24.04-01.287,
24.04-01.289, 24.04-01.307,
24.04-01.332
Лукина Е.А. 24.04-01.50
Лукоянов Н.Ю. 24.04-01.6
Лукьянцев Д.С. 24.04-01.269
Лунин Б.С. 24.04-01.131
Лутовинов А.А. 24.04-01.326
Луцкий А.Е. 24.04-01.43
Львов К.П. 24.04-01.186
Любшиев А.А. 24.04-01.234
Ляпишевский В.Ю. 24.04-01.164
- М**
Маев Р.Г. 24.04-01.232
Макаров И.С. 24.04-01.227
Макарова Д.Н. 24.04-01.120
Макарова К.Т. 24.04-01.140
Макеев М.О. 24.04-01.140
Максимов А.О. 24.04-01.32
Максимов В.В. 24.04-01.181
Максимов В.Г. 24.04-01.288
Максимов И.А. 24.04-01.274
Максимов М.С. 24.04-01.184
Малевинский Д.Д. 24.04-01.189
Малеханов А.И. 24.04-01.222
Малик Е.Д. 24.04-01.317
Малый В.В. 24.04-01.184,
24.04-01.191, 24.04-01.243
Мальцев А.Г. 24.04-01.42
Манаков С.А. 24.04-01.124,
24.04-01.235
Мансфельд А.Д. 24.04-01.145,
24.04-01.154
Марголина И.Л. 24.04-01.218
Маринушкин П.С. 24.04-01.119
Марков М.Б. 24.04-01.6
Маркова М.В. 24.04-01.56
Мартьянов К.Г. 24.04-01.189
Мартьянов П.С. 24.04-01.137
Марченко А.Д. 24.04-01.283
Матвеев В.А. 24.04-01.15
- Матвиенко Ю.В. 24.04-01.175
Матыленко М.Г. 24.04-01.272
Маус М.С. 24.04-01.264
Машошин А.И. 24.04-01.182,
24.04-01.239
Меденников П.А. 24.04-01.309
Мезин И.А. 24.04-01.251
Мелконян А.Л. 24.04-01.86,
24.04-01.87
Мереминский И.А. 24.04-01.326
Мершина Е.А. 24.04-01.52
Меснянкин Е.П. 24.04-01.308
Месяц Г.А. 24.04-01.15
Милосердов В.О. 24.04-01.212
Мильман О.О. 24.04-01.212
Минаков Е.П. 24.04-01.285,
24.04-01.286
Миненков Д.С. 24.04-01.160
Минченя В.Т. 24.04-01.252
Миронов А.С. 24.04-01.78
Мирянова В.Н. 24.04-01.177
Митусов П.Е. 24.04-01.206
Митьковец И.А. 24.04-01.210
Митяев А.Е. 24.04-01.61, 24.04-01.62
Михайлов М.В. 24.04-01.44
Михалев Е.С. 24.04-01.112
Михалев П.А. 24.04-01.140
Михасев Г.И. 24.04-01.57, 24.04-01.98
Михеев К.Г. 24.04-01.42
Михеева Е.Ю. 24.04-01.244
Мищенко Н.А. 24.04-01.195
Мищеряков А.В. 24.04-01.286
Мищеряков С.В. 24.04-01.286
Могилевич Л.И. 24.04-01.91,
24.04-01.114
Можарова Н.А. 24.04-01.179
Моисеев К.М. 24.04-01.140
Мокряков В.В. 24.04-01.28
Молевич Н.Е. 24.04-01.298
Молчанов К.В. 24.04-01.274
Морозов А.Н. 24.04-01.267
Морозов Н.Ф. 24.04-01.81
Мохаммади М.М. 24.04-01.95
Мохов И.И. 24.04-01.318
Мулладжанов Р.И. 24.04-01.264
Муравьева Е.С. 24.04-01.311
Муренко Д.И. 24.04-01.8
Мурзин В.А. 24.04-01.328
Муртазов А.К. 24.04-01.281
Мусазаде Х. 24.04-01.95
Мухарьямов Р.Г. 24.04-01.79
Мухатов Д.С. 24.04-01.290
Мухин И.Б. 24.04-01.142
- Н**
Назайкинский В.Е. 24.04-01.4
Назаров А.М. 24.04-01.176
Назаров В.П. 24.04-01.41
Назаров С.А. 24.04-01.90
Назолин А.Л. 24.04-01.267
Негодяев С.С. 24.04-01.215,
24.04-01.296
Немцева А.В. 24.04-01.319
Нестеров В.А. 24.04-01.153
Нестеров С.В. 24.04-01.48
Нефедов Н.Н. 24.04-01.4
Никитин А.Д. 24.04-01.94
Никитин И.С. 24.04-01.94
Никитин Н.А. 24.04-01.264
Никитин П.А. 24.04-01.133
Никитов С.А. 24.04-01.123
Николаев Д.А. 24.04-01.86,
24.04-01.87, 24.04-01.272
Николаенко А.П. 24.04-01.216

Николаенко Ю.М. 24.04-01.129
 Никонов В.И. 24.04-01.293
 Никонова Е.А. 24.04-01.293
 Никулин В.В. 24.04-01.3
 Никущенко Д.В. 24.04-01.50
 Новик А.А. 24.04-01.146
 Новикова О.В. 24.04-01.315
 Носов В.В. 24.04-01.287
 Носов Е.В. 24.04-01.287
 Нураев Р.Х. 24.04-01.65, 24.04-01.66,
 24.04-01.67, 24.04-01.68

О

Овчинников В.М. 24.04-01.209
 Оглуздин В.Е. 24.04-01.304
 Огурцов С.В. 24.04-01.42
 Одина Н.И. 24.04-01.112
 Оконечников А.С. 24.04-01.73
 Окунев В.Д. 24.04-01.129
 Ольховский А.Н. 24.04-01.237,
 24.04-01.249, 24.04-01.250
 Орлов Д.О. 24.04-01.3, 24.04-01.4,
 24.04-01.6
 Осипков А.С. 24.04-01.140
 Осипов А.Г. 24.04-01.8
 Осипов Д.В. 24.04-01.3
 Осипов Д.С. 24.04-01.227
 Осипов Ю.С. 24.04-01.6
 Остриков Н.Н. 24.04-01.115
 Охрименко С.Н. 24.04-01.180

П

Павин А.М. 24.04-01.173
 Павлов Н.И. 24.04-01.309
 Паймушин В.Н. 24.04-01.96
 Панасенко Л.А. 24.04-01.320
 Панасюк М.И. 24.04-01.268
 Паршин Б.А. 24.04-01.140
 Перевезенцев В.В. 24.04-01.236
 Перевощиков В.А. 24.04-01.127
 Пересёлков С.А. 24.04-01.175
 Петров А.Г. 24.04-01.37
 Петров И.Б. 24.04-01.6
 Петров Ю.В. 24.04-01.187
 Петряшин И.Е. 24.04-01.225
 Петухов Ю.В. 24.04-01.34
 Пивоваров А.А. 24.04-01.165,
 24.04-01.196
 Писарев П.В. 24.04-01.248
 Письмаров М.Н. 24.04-01.65,
 24.04-01.66, 24.04-01.67,
 24.04-01.68
 Питеримова М.В. 24.04-01.200
 Пичугин А.Н. 24.04-01.155
 Платонов В.П. 24.04-01.6
 Платонова Н.Б. 24.04-01.135
 Пожар В.Э. 24.04-01.132,
 24.04-01.137, 24.04-01.139
 Поздняков Н.А. 24.04-01.320
 Поленов В.С. 24.04-01.20
 Полехина Р.Р. 24.04-01.45
 Поликарпова Н.В. 24.04-01.132
 Подухина Н.Г. 24.04-01.18
 Польщикова О.В. 24.04-01.138
 Пономарёв К.Г. 24.04-01.224
 Попель С.И. 24.04-01.313,
 24.04-01.314, 24.04-01.330
 Попков А.Н. 24.04-01.196
 Попов А.Л. 24.04-01.85
 Попов В.Л. 24.04-01.3
 Попов В.С. 24.04-01.89, 24.04-01.91,
 24.04-01.92, 24.04-01.93,
 24.04-01.101

Попов И.А. 24.04-01.81
 Попов И.П. 24.04-01.74, 24.04-01.258
 Попова А.А. 24.04-01.89, 24.04-01.91,
 24.04-01.92, 24.04-01.93,
 24.04-01.101
 Попова Е.В. 24.04-01.114,
 24.04-01.118
 Попова М.В. 24.04-01.92,
 24.04-01.93, 24.04-01.114
 Попова О.С. 24.04-01.181
 Потапов С.Л. 24.04-01.308
 Потапова Н.И. 24.04-01.308
 Потапычев С.Н. 24.04-01.180
 Придаников С.Ю. 24.04-01.271,
 24.04-01.273
 Притыченко М.А. 24.04-01.328
 Приходько В.Ю. 24.04-01.29
 Прокопьев В.Ю. 24.04-01.274
 Прокопьева М.С. 24.04-01.7
 Прошнов М.И. 24.04-01.187
 Птахин А.В. 24.04-01.212
 Пушкарев В.В. 24.04-01.42
 Пятовский С.Е. 24.04-01.299

Р

Рабецкая О.И. 24.04-01.61,
 24.04-01.62
 Раевский М.А. 24.04-01.163
 Разин А.Ф. 24.04-01.155
 Раскатов И.П. 24.04-01.38
 Реев В.Г. 24.04-01.220
 Резниченко Ю.С. 24.04-01.314
 Реснянский Ю.Д. 24.04-01.46
 Розанов Н.Н. 24.04-01.13
 Розенфельд Е.В. 24.04-01.330
 Ропот П.И. 24.04-01.134,
 24.04-01.143
 Росницкий П.Б. 24.04-01.52
 Ротин А.А. 24.04-01.326
 Рубаник В.В. 24.04-01.144,
 24.04-01.144
 Рубанов И.Л. 24.04-01.180
 Рубцов Г.И. 24.04-01.320
 Руденко А.С. 24.04-01.320
 Руденко О.В. 24.04-01.14, 24.04-01.15
 Рудницкий А.Г. 24.04-01.297
 Рудской А.И. 24.04-01.14
 Рудько Я.В. 24.04-01.107
 Рундау Н.С. 24.04-01.276
 Рыбнянец П.В. 24.04-01.175
 Рыков А.Н. 24.04-01.155
 Рыков Ю.Г. 24.04-01.23
 Рылов И.Ю. 24.04-01.190
 Рябинин А.Н. 24.04-01.80

С

Савельев А.Д. 24.04-01.84
 Савельев И.А. 24.04-01.84
 Савенков Е.Б. 24.04-01.45
 Савин А.С. 24.04-01.168
 Савиных В.П. 24.04-01.280
 Савченко А.М. 24.04-01.49
 Садовникова Е.В. 24.04-01.279
 Садовский М.В. 24.04-01.14
 Садыков М.Ф. 24.04-01.234
 Салицкий В.С. 24.04-01.59
 Саматова И.М. 24.04-01.228
 Самойленко З.А. 24.04-01.129
 Самченко А.Н. 24.04-01.165
 Санин А.Г. 24.04-01.145,
 24.04-01.154
 Сапожников О.А. 24.04-01.52
 Сафронов А.Е. 24.04-01.219

Селезнев В.С. 24.04-01.221
 Селезнев И.А. 24.04-01.11,
 24.04-01.192
 Селезнев Р.К. 24.04-01.205
 Сельский А.А. 24.04-01.251
 Семёнов А.А. 24.04-01.310,
 24.04-01.311
 Семенов А.В. 24.04-01.44
 Семёнов Н.В. 24.04-01.200
 Семенов Н.В. 24.04-01.201
 Семенова В.Ю. 24.04-01.161
 Семенова И.В. 24.04-01.36
 Сергеев А.М. 24.04-01.15
 Сергеев К.О. 24.04-01.254
 Сердюк Д.О. 24.04-01.73
 Серьезнов А.Н. 24.04-01.202
 Сигов А.С. 24.04-01.125,
 24.04-01.126, 24.04-01.259
 Сидоренко В.В. 24.04-01.282
 Симанов Р.С. 24.04-01.271,
 24.04-01.273
 Синицын В.Е. 24.04-01.52
 Скупов В.Д. 24.04-01.127
 Сливин А.Н. 24.04-01.152
 Сляднев А.М. 24.04-01.241
 Смирнов А.О. 24.04-01.188
 Смирнов И.Н. 24.04-01.46
 Смирнова С.И. 24.04-01.65,
 24.04-01.66, 24.04-01.67,
 24.04-01.68
 Смородский Б.В. 24.04-01.200
 Собиров Ш.К. 24.04-01.25
 Соин Е.Л. 24.04-01.307
 Соколов А.А. 24.04-01.35
 Соколов И.Н. 24.04-01.237
 Соловьев В.М. 24.04-01.221
 Солодилов В.И. 24.04-01.140
 Солонцов О.В. 24.04-01.52
 Сорокин И.А. 24.04-01.296
 Стариков Ф.А. 24.04-01.319
 Старинова О.Л. 24.04-01.335
 Старков Н.И. 24.04-01.18
 Старовойтов Э.И. 24.04-01.55
 Старостина А.В. 24.04-01.260,
 24.04-01.261
 Старостина Т.В. 24.04-01.283
 Степаненко Д.А. 24.04-01.71,
 24.04-01.147
 Степанова Е.Е. 24.04-01.188
 Степанова Л.Н. 24.04-01.202
 Степин С.А. 24.04-01.4
 Столповский М.В. 24.04-01.47,
 24.04-01.110
 Стратула Б.А. 24.04-01.94
 Строков М.А. 24.04-01.267
 Струков Б.С. 24.04-01.46
 Стурова И.В. 24.04-01.166
 Субботкин А.О. 24.04-01.141
 Субочев П.В. 24.04-01.142
 Сударев А.А. 24.04-01.138
 Супрунок В.В. 24.04-01.237
 Сурис Р.А. 24.04-01.2, 24.04-01.13
 Суслов А.В. 24.04-01.105
 Сухарев А.В. 24.04-01.190
 Сысоев Е.О. 24.04-01.77
 Сысоев О.Е. 24.04-01.77
 Сычев В.В. 24.04-01.316
 Сычев В.Н. 24.04-01.207

Т

Тагильцев А.А. 24.04-01.122
 Тайманов И.А. 24.04-01.4, 24.04-01.6
 Танаев А.Б. 24.04-01.269
 Таранов А.В. 24.04-01.123

Тарасов Д.С. 24.04-01.203
Тарасов И.Е. 24.04-01.259
Тартаковский В.А. 24.04-01.288
Татарников А.М. 24.04-01.317
Телегин А.М. 24.04-01.301
Телепнев П.П. 24.04-01.72
Темнов А.Н. 24.04-01.21
Терентьев С.А. 24.04-01.153
Терехов П.А. 24.04-01.88
Тимкин А.К. 24.04-01.194
Тимофеев В.Е. 24.04-01.295
Тимушев С.Ф. 24.04-01.204
Титов С.А. 24.04-01.139,
24.04-01.229, 24.04-01.232
Тишкин В.Ф. 24.04-01.6,
24.04-01.263
Ткачѳв И.И. 24.04-01.320
Ткачева Л.А. 24.04-01.169
Тозик Л.А. 24.04-01.128
Токарев Ю.В. 24.04-01.305
Торгаев А.В. 24.04-01.287
Торгашин А.С. 24.04-01.41
Трещев Д.В. 24.04-01.4, 24.04-01.6
Троицкий С.В. 24.04-01.324
Труханов А.В. 24.04-01.268
Трыков Е.Л. 24.04-01.236
Тузова А.А. 24.04-01.176
Тукмаков Д.А. 24.04-01.33,
24.04-01.40
Тукмакова Н.А. 24.04-01.33
Тушев О.Н. 24.04-01.100
Тыртышников Е.Е. 24.04-01.6
Тюменков Г.Ю. 24.04-01.315
Тюрин Н.А. 24.04-01.3, 24.04-01.4

У

Урбан В.И. 24.04-01.144
Усольцева О.А. 24.04-01.209
Утяшев И.М. 24.04-01.64

Ф

Фадеев Р.Ю. 24.04-01.46
Файчук Д.В. 24.04-01.148
Фараносов Г.А. 24.04-01.197
Фатхелисламов А.Ф. 24.04-01.64
Федоров А.В. 24.04-01.243
Федосюк В.М. 24.04-01.268
Федотова Я.В. 24.04-01.264
Филатов Д.О. 24.04-01.127
Фокин Н.И. 24.04-01.203
Фоменко А.Т. 24.04-01.4
Фролова А.С. 24.04-01.298
Фукин И.И. 24.04-01.215,
24.04-01.296
Фурлетов В.И. 24.04-01.203

Х

Хаврошкин О.Б. 24.04-01.302,
24.04-01.303
Хазанов Е.Н. 24.04-01.123
Хазанова С.В. 24.04-01.265
Хайакава М. 24.04-01.216
Хамидуллин Р.К. 24.04-01.99
Хатунцева О.Н. 24.04-01.111

Хекерт Е.В. 24.04-01.255
Хило Н.А. 24.04-01.134
Хмелев В.Н. 24.04-01.150
Хмелѳв В.Н. 24.04-01.153
Хойтметов У.А. 24.04-01.25
Хороших А.С. 24.04-01.187
Хохлов А.И. 24.04-01.272
Хохлова В.А. 24.04-01.52
Храмов А.А. 24.04-01.284
Храпов С.С. 24.04-01.39
Хребтов М.Ю. 24.04-01.264
Хрипунов И.В. 24.04-01.296
Христофорова А.В. 24.04-01.91,
24.04-01.92, 24.04-01.93
Хромова М.А. 24.04-01.140
Хусаинов И.Г. 24.04-01.108

Ц

Цветков В.Я. 24.04-01.280
Цетлин И.В. 24.04-01.65, 24.04-01.66,
24.04-01.67, 24.04-01.68
Цыганок С.Н. 24.04-01.150
Цыплаков В.В. 24.04-01.302

Ч

Чашлик А.В. 24.04-01.14
Чарная Е.В. 24.04-01.123
Часовников Е.А. 24.04-01.195
Чебан Е.Ю. 24.04-01.50
Чекаль В.Н. 24.04-01.310
Челюбеев Д.А. 24.04-01.85
Черницына А.А. 24.04-01.172
Чернова В.В. 24.04-01.202
Чесноков А.А. 24.04-01.164
Чигарев А.В. 24.04-01.20
Чилингарян Ю.С. 24.04-01.113
Чинак А.В. 24.04-01.266
Чугайнова А.П. 24.04-01.69
Чудаев С.О. 24.04-01.269
Чудновский В.М. 24.04-01.122
Чулков Д.И. 24.04-01.151
Чупин В.А. 24.04-01.165
Чупова Д.Д. 24.04-01.52
Чур С.Н. 24.04-01.252
Чуриков Д.О. 24.04-01.156
Чѳнь Б. 24.04-01.204

Ш

Шабат Г.Б. 24.04-01.3
Шайкин А.А. 24.04-01.154
Шакин О.В. 24.04-01.128,
24.04-01.143
Шакуров Д.Р. 24.04-01.235
Шалагин А.М. 24.04-01.13
Шалунов А.В. 24.04-01.153
Шамаев В.Г. 24.04-01.1
Шарикова М.О. 24.04-01.136,
24.04-01.139
Шарипова А.Р. 24.04-01.283
Шатина А.В. 24.04-01.214,
24.04-01.260, 24.04-01.261,
24.04-01.278, 24.04-01.279
Шафаревич А.И. 24.04-01.3
Шварц К.Г. 24.04-01.24

Швырев А.Н. 24.04-01.165
Шевелѳв А.П. 24.04-01.213
Шевцов С.Е. 24.04-01.310
Шевченко В.В. 24.04-01.334
Шевченко Е.В. 24.04-01.123
Шен Ю.Р. 24.04-01.13
Шеховцев С.С. 24.04-01.65,
24.04-01.66, 24.04-01.67,
24.04-01.68
Шилько С.В. 24.04-01.252
Шиндин А.В. 24.04-01.305
Ширяев А.А. 24.04-01.331
Шишкин В.М. 24.04-01.96
Шкапов П.М. 24.04-01.21
Шмакова А.В. 24.04-01.200
Шокуров В.В. 24.04-01.3
Шубралова Е.В. 24.04-01.306
Шустов Б.М. 24.04-01.15

Щ

Щедрина Т.В. 24.04-01.18
Щекотихин Н.И. 24.04-01.189
Щербаков И.А. 24.04-01.19
Щербатюк А.Ф. 24.04-01.173
Щетинина М.Г. 24.04-01.183
Щука А.А. 24.04-01.125,
24.04-01.126
Щуров М.А. 24.04-01.297

Э

Эге Н. 24.04-01.97
Эрбаш Б. 24.04-01.97

Ю

Юджель Х. 24.04-01.97
Юдин Д.А. 24.04-01.225
Юй В. 24.04-01.335
Юлдашев Т.К. 24.04-01.22
Юлдашев Ш.У. 24.04-01.149
Юнусалиев Н.Ю. 24.04-01.149

Я

Яблоник Л.Р. 24.04-01.170
Якимов Е.Н. 24.04-01.271,
24.04-01.273
Якобовский М.В. 24.04-01.6
Яковенко С.В. 24.04-01.165
Яковлев Д.Г. 24.04-01.312
Яковлева Т.В. 24.04-01.103
Якубовский К.Я. 24.04-01.203
Якуш С.Е. 24.04-01.4
Ян Наинг У. 24.04-01.21
Яновер Б.И. 24.04-01.172
Яремчук С.А. 24.04-01.87
Яровая А.В. 24.04-01.55
Ярославкина Е.Е. 24.04-01.105
Ярославский Д.А. 24.04-01.234
Ярошук И.О. 24.04-01.165
Ясников А.И. 24.04-01.192
Яценко М.Ю. 24.04-01.333
Яцких А.А. 24.04-01.200,
24.04-01.201

УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

Журналы

- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2016. 4, № 1 **24.04-01.157**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2017. 5, № 2 **24.04-01.125, 24.04-01.126**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2017. 5, № 3 **24.04-01.278**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2018. 6, № 4 **24.04-01.279**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2018. 6, № 6 **24.04-01.229**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2019. 7, № 1 **24.04-01.259**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2019. 7, № 6 **24.04-01.148**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2020. 8, № 6 **24.04-01.219**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2021. 9, № 2 **24.04-01.33**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2021. 9, № 5 **24.04-01.260**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2022. 10, № 2 **24.04-01.261, 24.04-01.280**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2023. 11, № 1 **24.04-01.230**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2023. 11, № 2 **24.04-01.64**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2024. 12, № 1 **24.04-01.231**
- RUSSIAN TECHNOLOGICAL JOURNAL (Предыдущее название: Российский технологический журнал (с 2016 по 2021 гг.), Вестник МГТУ МИРЭА (с 2013 по 2015 гг.) 2024. 12, № 2 **24.04-01.214**
- Авиакосмическое приборостроение. 2024, № 4 **24.04-01.65**
- Авиакосмическое приборостроение. 2024, № 5 **24.04-01.66**
- Авиакосмическое приборостроение. 2024, № 6 **24.04-01.67**
- Авиакосмическое приборостроение. 2024, № 7 **24.04-01.68**
- Автометрия. 2024. 60, № 3 **24.04-01.133, 24.04-01.243, 24.04-01.332**
- Акустический журнал. 2024. 70, № 1 **24.04-01.26, 24.04-01.30, 24.04-01.32, 24.04-01.109, 24.04-01.115, 24.04-01.120, 24.04-01.121, 24.04-01.141, 24.04-01.145, 24.04-01.146, 24.04-01.154, 24.04-01.158, 24.04-01.197, 24.04-01.226, 24.04-01.227**
- Акустический журнал. 2024. 70, № 2 **24.04-01.1, 24.04-01.10, 24.04-01.27, 24.04-01.28, 24.04-01.34, 24.04-01.52, 24.04-01.110, 24.04-01.112, 24.04-01.123, 24.04-01.124, 24.04-01.132, 24.04-01.142, 24.04-01.163, 24.04-01.170, 24.04-01.222, 24.04-01.238, 24.04-01.239**
- Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2024, № 88 **24.04-01.85**
- Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2024, № 89 **24.04-01.300**
- Вестн. Волгогр. Гос. Ун-та. Сер. 1: Математика. Физика. 2011. 14, № 1 **24.04-01.198**
- Вестн. Волгогр. Гос. Ун-та. Сер. 1: Математика. Физика. 2013. 16, № 1 **24.04-01.290**
- Вестн. Волгогр. Гос. Ун-та. Сер. 1: Математика. Физика. 2014. 17, № 6 **24.04-01.291**
- Вестн. Волгогр. Гос. Ун-та. Сер. 1: Математика. Физика. 2016. 19, № 2 **24.04-01.22**
- Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр. 2021, № 1 **24.04-01.316**
- Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр. 2021, № 3 **24.04-01.236**
- Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр. 2021, № 4 **24.04-01.237**
- Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр. 2022, № 2 **24.04-01.91**
- Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр. 2022, № 3 **24.04-01.92, 24.04-01.211, 24.04-01.249**
- Вестн. МГТУ. Сер. Приборостр. 2023, № 4 **24.04-01.93, 24.04-01.250**
- Вестник государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика. 2023, № 4 **24.04-01.31, 24.04-01.245, 24.04-01.246**
- Вестник государственного университета просвещения. Серия: Физика-Математика. 2024, № 1 **24.04-01.247**
- Вестник Гродненского государственного ун-та им. Янки Купалы. Серия 2. Математика. Физика. Информатика, компьютерная инженерия и менеджмент. 2016. 6, № 2 **24.04-01.232**
- Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2024. 24, № 4 **24.04-01.207**
- Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2024. 24, № 5 **24.04-01.228**
- Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2023, № 4 **24.04-01.35, 24.04-01.244**
- Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2024, № 1 **24.04-01.114, 24.04-01.149, 24.04-01.267**
- Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2024, № 3 **24.04-01.101, 24.04-01.150**
- Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. 2024, № 2 **24.04-01.99, 24.04-01.100**
- Вестник МГУ. Сер. 1: Математика. Механика. 2024, № 3 **24.04-01.102**
- Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 3 **24.04-01.317, 24.04-01.318**
- Вестник Московского авиац. ин-та. 2024. 31, № 2 **24.04-01.204, 24.04-01.333, 24.04-01.334, 24.04-01.335**
- Вестник Нижегородского ун-та. 2001, № 1 **24.04-01.127**
- Вестник Нижегородского ун-та. 2003, № 1 **24.04-01.265**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Аэрокосмическая техника. 2024, № 1(76) **24.04-01.248**
- Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2024. 28, № 1 **24.04-01.103**
- Вестник Самарского гос. ун-та. 2023. 29, № 1 **24.04-01.36**
- Вестник Самарского гос. ун-та. 2024. 30, № 1 **24.04-01.104**
- Вестник Самарского гос. ун-та. 2024. 30, № 2 **24.04-01.105, 24.04-01.213**
- Вестник Самарского ун-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2024. 23, № 1 **24.04-01.283, 24.04-01.284**
- Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2024. 11, № 1 **24.04-01.80, 24.04-01.292**

- Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2024. 11, № 2 **24.04-01.7, 24.04-01.81, 24.04-01.293**
- Вестник Северо-Восточного федерального ун-та имени М. К. Аммосова. 2024. 21, № 2 **24.04-01.220, 24.04-01.295**
- Вестник Тверского гос. технич. ун-та. Серия: технические науки. 2023, № 4 **24.04-01.206**
- Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та. 2024. 26, № 3 **24.04-01.106**
- Вестник Удмуртского ун-та: Математика. Механика. Компьютерные науки. 2024. 34, № 2 **24.04-01.25**
- Геология и геофизика. 2024, № 6 **24.04-01.209**
- Геология и геофизика. 2024, № 7 **24.04-01.221**
- Гидроакустика. 2024, № 57 **24.04-01.11, 24.04-01.159, 24.04-01.178, 24.04-01.179, 24.04-01.180, 24.04-01.181, 24.04-01.182, 24.04-01.183, 24.04-01.184, 24.04-01.194**
- Гидроакустика. 2024, № 58 **24.04-01.171, 24.04-01.172, 24.04-01.185, 24.04-01.186, 24.04-01.187, 24.04-01.188, 24.04-01.189, 24.04-01.190, 24.04-01.191, 24.04-01.192**
- Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2023. 67, № 4 **24.04-01.252**
- Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2024. 68, № 2 **24.04-01.257**
- Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 1 **24.04-01.9, 24.04-01.312, 24.04-01.313**
- Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 3 **24.04-01.314**
- Журнал Сибирского Федерального университета. Математика и физика. 2024. 17, № 2 **24.04-01.294**
- Журнал технической физики. 2024. 94, № 6 **24.04-01.319**
- Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2024. 27, № 1 **24.04-01.130**
- Известия вузов. Радиофизика. 2024. 67, № 3 **24.04-01.235**
- Известия вузов. Радиофизика. 2024. 67, № 4 **24.04-01.216, 24.04-01.305**
- Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук. 2024. 60, № 2 **24.04-01.107, 24.04-01.143**
- Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2024. 69, № 2 **24.04-01.144, 24.04-01.268**
- Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2024, № 1 **24.04-01.48, 24.04-01.49, 24.04-01.116, 24.04-01.169, 24.04-01.205**
- Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2024, № 1 **24.04-01.60, 24.04-01.167**
- Известия Российской академии наук. Серия математическая. 2024. 88, № 2 **24.04-01.23**
- Известия Российской академии наук. Серия математическая. 2024. 88, № 4 **24.04-01.262**
- Инженерная физика. 2024, № 4 **24.04-01.301**
- Инженерная физика. 2024, № 5 **24.04-01.302**
- Инженерная физика. 2024, № 6 **24.04-01.303**
- Инженерная физика. 2024, № 7 **24.04-01.304**
- Инженерная физика. 2024, № 8 **24.04-01.108, 24.04-01.233**
- Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 2 **24.04-01.47**
- Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 3 **24.04-01.24**
- Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 4 **24.04-01.38, 24.04-01.153**
- Инженерный вестник Дона. 2024, № 6 **24.04-01.224**
- Инженерный вестник Дона. 2024, № 7 **24.04-01.119**
- Инженерный вестник Дона. 2024, № 9 **24.04-01.219**
- История науки и техники. 2024, № 6 **24.04-01.8**
- Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 4 **24.04-01.240, 24.04-01.251**
- Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 5 **24.04-01.241**
- Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 6 **24.04-01.202**
- Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 7 **24.04-01.155, 24.04-01.242**
- Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 6 **24.04-01.297**
- Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 7 **24.04-01.298**
- Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 9 **24.04-01.299**
- Мат. моделир. 2024. 36, № 4 **24.04-01.43, 24.04-01.44, 24.04-01.45, 24.04-01.46, 24.04-01.84, 24.04-01.263**
- Математическая физика и компьютерное моделирование. 2023. 26, № 4 **24.04-01.269, 24.04-01.270**
- Математическая физика и компьютерное моделирование. 2024. 27, № 1 **24.04-01.39**
- Математическая физика и компьютерное моделирование. 2024. 27, № 2 **24.04-01.40**
- Материаловедение. 2024, № 8 **24.04-01.156**
- Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 1-1 **24.04-01.50, 24.04-01.176, 24.04-01.177**
- Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 2-1 **24.04-01.193, 24.04-01.253, 24.04-01.254, 24.04-01.255**
- Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 3-1 **24.04-01.161, 24.04-01.162, 24.04-01.256**
- Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 3-2 **24.04-01.86, 24.04-01.87**
- Морской вестник. 2024, № 2 **24.04-01.42**
- Наука и техника. 2024. 23, № 4 **24.04-01.70, 24.04-01.71**
- Наукоемкие технологии. 2024. 26, № 4 **24.04-01.88**
- Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н. 2024. 17, № 1 **24.04-01.82**
- Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н. 2024. 17, № 2 **24.04-01.83, 24.04-01.199**
- Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 5 **24.04-01.208, 24.04-01.287, 24.04-01.288**
- Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 8 **24.04-01.289**
- Оптический журнал. 2024. 91, № 7 **24.04-01.134, 24.04-01.135, 24.04-01.136, 24.04-01.137, 24.04-01.138, 24.04-01.139, 24.04-01.140**
- Оптический журнал. 2024. 91, № 8 **24.04-01.307**
- Оптический журнал. 2024. 91, № 9 **24.04-01.308, 24.04-01.309, 24.04-01.310, 24.04-01.311**
- Письма в ЖЭТФ. 2024. 119, № 7 **24.04-01.320, 24.04-01.321**
- Письма в ЖЭТФ. 2024. 119, № 9 **24.04-01.322**
- Письма в ЖЭТФ. 2024. 119, № 12 **24.04-01.323**
- Подводные исследования и робототехника. 2024. 37, № 1 **24.04-01.122, 24.04-01.165, 24.04-01.173, 24.04-01.174, 24.04-01.175**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024, № 3 **24.04-01.234**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024, № 5 **24.04-01.131**
- Прикл. мат. и мех. 2024. 88, № 1 **24.04-01.90**
- Прикладная механика и техническая физика. 2024. 65, № 1 **24.04-01.94, 24.04-01.95, 24.04-01.96, 24.04-01.117, 24.04-01.166, 24.04-01.266**
- Прикладная механика и техническая физика. 2024. 65, № 2 **24.04-01.97, 24.04-01.98**
- Прикладная механика и техническая физика. 2024. 65, № 3 **24.04-01.51, 24.04-01.164**
- Прикладная физика. 2024, № 2 **24.04-01.306**
- Прикладная физика и математика. 2024, № 4 **24.04-01.258**
- Пробл. физ., мат. и техн. 2023, № 4 **24.04-01.128, 24.04-01.315**
- Сибирский аэрокосмический журнал. 2021. 22, № 4 **24.04-01.41**
- Сибирский аэрокосмический журнал. 2022. 23, № 4 **24.04-01.61, 24.04-01.271**
- Сибирский журнал науки и технологий. 2023. 24, № 3 **24.04-01.62, 24.04-01.272, 24.04-01.273**
- Сибирский журнал науки и технологий. 2024. 25, № 2 **24.04-01.274, 24.04-01.275, 24.04-01.276**
- Сибирский физический журнал. 2023. 18, № 1 **24.04-01.195**
- Сибирский физический журнал. 2024. 19, № 1 **24.04-01.196**
- Сибирский физический журнал. 2024. 19, № 2 **24.04-01.200**
- Теоретическая и прикладная механика. 2022, № 37 **24.04-01.20, 24.04-01.53, 24.04-01.54, 24.04-01.147**
- Теоретическая и прикладная механика. 2023, № 38 **24.04-01.55, 24.04-01.56, 24.04-01.57, 24.04-01.58, 24.04-01.59**
- Теплофиз. и аэромех. 2024, № 1 **24.04-01.201, 24.04-01.212**
- Теплофиз. и аэромех. 2024, № 2 **24.04-01.264**
- Тр. МФТИ. 2023. 15, № 3(59) **24.04-01.210**
- Тр. МФТИ. 2023. 15, № 4(60) **24.04-01.37, 24.04-01.215, 24.04-01.225**
- Тр. МФТИ. 2024. 16, № 1(61) **24.04-01.296**
- Труды МАИ. 2023, № 4(131) **24.04-01.72, 24.04-01.73**
- Труды МАИ. 2023, № 132 **24.04-01.74, 24.04-01.75,**

- 24.04-01.285**
Труды МАИ. 2023, № 133 **24.04-01.76**
Труды МАИ. 2024, № 1(134) **24.04-01.77, 24.04-01.111**
Труды МАИ. 2024, № 2(135) **24.04-01.21, 24.04-01.78,**
24.04-01.118, 24.04-01.286
Труды МАИ. 2024, № 3(136) **24.04-01.79**
Труды Математического института имени В.А. Стеклова.
2024. 327 **24.04-01.69, 24.04-01.160, 24.04-01.168,**
24.04-01.282
Успехи математических наук. 2023. 78, № 6 **24.04-01.3**
Успехи математических наук. 2024. 79, № 3 **24.04-01.4**
Успехи математических наук. 2024. 79, № 4 **24.04-01.5,**
24.04-01.6
УФН. 2024. 194, № 4 **24.04-01.2, 24.04-01.12,**
24.04-01.324, 24.04-01.325, 24.04-01.326, 24.04-01.327,
24.04-01.328, 24.04-01.329
УФН. 2024. 194, № 6 **24.04-01.13, 24.04-01.14,**
24.04-01.330, 24.04-01.331
- УФН. 2024. 194, № 7 **24.04-01.15**
УФН. 2024. 194, № 8 **24.04-01.16, 24.04-01.17,**
24.04-01.18, 24.04-01.19
Ученые записки ЕГУ, физико-математических наук. 1985. 58,
№ 3 **24.04-01.113, 24.04-01.277**
Ученые записки ЕГУ, физико-математических наук. 2024. 58,
№ 1 **24.04-01.63, 24.04-01.223**
Ученые записки Казанского государственного университета.
Серия Физико-математические науки. 2024. 166, № 2
24.04-01.89
Физика горения и взрыва. 2024. 60, № 4 **24.04-01.203**
Физика и техника высоких давлений. 2024. 34, № 4
24.04-01.129
Экологические системы и приборы. 2024, № 5 **24.04-01.217**
Экологические системы и приборы. 2024, № 6 **24.04-01.281**
Экологические системы и приборы. 2024, № 7 **24.04-01.218**
Южно-Сибирский научный вестник. 2024, № 2
24.04-01.151, 24.04-01.152
-

СОДЕРЖАНИЕ

Библиография	24.04-01.1
Персоналии	24.04-01.3
Классические проблемы линейной акустики и теории волн	24.04-01.20
Нелинейная акустика	24.04-01.112
Физическая акустика	24.04-01.119
Акустика океана, гидроакустика	24.04-01.157
Атмосферная и аэроакустика	24.04-01.195
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика	24.04-01.206
Акустическая экология; Шумы и вибрации	24.04-01.217
Акустика помещений; Музыкальная акустика	24.04-01.221
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование	24.04-01.223
Акустика живых систем; Биологическая акустика	24.04-01.224
Физические основы технической акустики	24.04-01.229
Акустика в медицинской практике	24.04-01.252
Акустика в инженерном деле	24.04-01.253
Физика	24.04-01.257
Астрономия	24.04-01.269
Авторский указатель Указатель источников	