

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.

№ 03
Москва 2024

Выходит 6 раз в год

Библиография

24.03-01.1К Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIXX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27 сентября—01 октября 2004 г. Витебск: Витебский государственный технологический ун-т. 2004

В сборнике представлены работы, посвященные широкому кругу вопросов физики и механики деформируемых твердых тел, а также инженерного материаловедения.

24.03-01.2К 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018. ISBN 978-5-91741-232-0

Материалы 9-й международной конференции — школы молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах» посвященной фундаментальным и прикладным проблемам механики жидкостей в природных и техногенных системах.

24.03-01.3К Актуальные проблемы прикладной математики и механики. Тезисы докладов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федерального университета. Абрау-Дюрсо, 01—06 сентября 2020 г. Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского. 2020. ISBN 978-5-8295-0723-7

24.03-01.4К Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20—23 сентября 2021 г. Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021. ISBN 978-5-907361-82-9

Сборник статей подготовлен на основе докладов научной конференции «Актуальные проблемы пьезоэлектрического приборостроения», проходившей 20—23 сентября 2021 г. в ИВТиПТ ЮФУ г. Ростов-на-Дону. Программа конференции включала работу секций «Пьезоэлектрические устройства для энергетики, оборонно-промышленного комплекса, аэрокосмической отрасли, навигации, медицины, транспортной отрасли, для систем безопасности и светотехники, средств автоматизации и интеллектуального управления», «Модели, алгоритмы и программы управления высокотехнологичными проектами», «Исследования в области пьезо-сегнетоэлектрических материалов», «Измерительные технологии в пьезоэлектрическом приборостроении». Докладчики представили результаты исследований по различным направлениям развития пьезоэлектрического приборостроения, пьезоэлектрического материаловедения и про-

грамм управления высокотехнологичными проектами.

24.03-01.5К Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04—13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021. ISBN 978-5-4316-0824-7

Сборник включает в себя научные работы, отражающие современные мировые достижения в вычислительной механике, механике деформируемого твердого тела, механике жидкости, газа и плазмы, аэрокосмической механике, прикладной математике, разработке прикладных программных средств.

24.03-01.6К Труды Института прикладной астрономии РАН № 67. СПб.: ИПА. 2023. ISBN ISBN 978-5-93197-088-2

Специальный выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит материалы двух конференций, организованных Институтом прикладной астрономии РАН в Санкт-Петербурге: Всероссийской радиоастрономической конференции «Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии» (ВРК-2022), прошедшей с 19 по 23 сентября 2022 г., и Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2023), прошедшей с 17 по 21 апреля 2023 г. Представленные в сборнике статьи посвящены современному состоянию радиотелескопов России и направлениям их развития, отечественным и зарубежным проектам новых инструментов, антеннам и антенно-фидерным устройствам, аппаратуре и методам достижения высокой чувствительности, цифровым и информационным технологиям в радиоастрономии, а также защите от помех. Материалы охватывают широкий круг теоретических, методических и организационно-правовых вопросов в области фундаментального и прикладного КВНО. Особое внимание уделено вопросам поддержания, развития и использования системы ГЛОНАСС; установления и поддержания систем отсчета; мониторинга параметров вращения Земли; хранения и синхронизации шкал времени; определения параметров гравитационного поля Земли и др. Подробно рассмотрены современные высокоточные технические средства и методы КВНО: радионтерферометрические комплексы со сверхдлинными базами, системы лазерной локации ИСЗ и Луны, глобальные навигационные спутниковые системы, стандарты времени и частоты, геоинформационные системы и др., а также способы их объединения — колокации.

24.03-01.7К Сборник трудов XXXV сессии Россий-

ского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023. ISBN 978-5-89118-863-1

Всероссийская научная конференция «XXXV сессия Российского акустического общества» с успехом состоялась в Москве в феврале 2023 года. На конференции были рассмотрены современные проблемы развития акустики, в частности в области физической акустики, нелинейной акустики, оптоакустика, акустики океана, геоакустики, акустических метаматериалов, архитектурной и строительной акустики, атмосферной акустики, биоакустики и медицинских приложениях акустических методов, в акустике речи, ультразвуковых технологий, при распространении и дифракции волн, аэроакустики, акустоэлектроники, электроакустики и шумов и вибраций. В научную программу конференции были включены более 180 докладов и приняли участие более 150 ученых, которые представили свои доклады во всех областях акустики. В конференции приняли участие ученые и специалисты из более 50 научных учреждений, предприятий и университетов из более чем 15 городов России и Беларуси, соавторами докладов были ученые из Абхазии, Израиля, Латвии, США. Представленные в докладах результаты относятся как к фундаментальным, так и к прикладным исследованиям и техническим разработкам, связаны с развитием акустических технологий. Многие доклады представлены на конференции как ведущими российскими специалистами, так и значительная часть результатов получена с участием молодых ученых, около 70 докладов представлено на конференции молодыми специалистами и аспирантами. Активное участие научной молодежи в конференции указывает на перспективы дальнейшего развития представленных исследований и разработок. В настоящий сборник трудов конференции

включены 183 доклада. Разнообразие тематики и высокий научный уровень представленных материалов свидетельствуют о том, что работы отечественных специалистов в области акустики развиваются весьма успешно и по многим из направлений они сохраняют передовые позиции.

24.03-01.8K XXV Международная научно-техническая конференция «проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТиТТ-2023. Том 1. Казань, 22—24 ноября 2023 г. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2023. ISBN 978-5-7579-2688-9

Представлены материалы докладов по актуальным проблемам и достижениям в области передачи и обработки информации, перспективных инфокоммуникационных технологий. Отражены перспективы развития цифровых коммуникаций, беспроводных технологий, мобильной связи, технологий оптической связи и квантовых коммуникаций, обработки оптических сигналов; вопросы применения оптических компонент в волоконно-оптических линиях связи и информационно-измерительных системах, а также применения теории фракталов, дробных операторов, динамического хаоса в новых технологиях телекоммуникаций. Рассмотрены результаты исследований в области антенно-фидерных систем, электромагнитной совместимости в телекоммуникационных системах, защиты информации в инфокоммуникационных сетях. Представлены результаты разработки и использования инфокоммуникационных технологий в обучении.

24.03-01.9 300 лет Российской академии наук и развитие гидрофизики и океанологии в Санкт-Петербурге—Ленинграде. Родионов А.А. Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2024. 17, № 1, с. 129. Рус.

Персоналии

24.03-01.10 Евгений Иванович Моисеев (07.03.1948—25.12.2022). *Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 1, с. 3. Рус.

Редакционная коллегия журнала "Дифференциальные уравнения" с глубоким прискорбием сообщает, что 25 декабря 2022 г. на 75-м году жизни скоропостижно скончался Моисеев Евгений Иванович, советский и российский математик, академик Российской академии наук, доктор физико-математических наук, профессор, заместитель главного редактора, преданно служивший журналу долгие годы. После окончания в 1971 г. физического факультета Московского государственного университета Моисеев Е.И. поступил в аспирантуру факультета вычислительной математики и кибернетики МГУ, и с тех пор вся его жизнь была неразрывно связана с этим факультетом. В течение двух десятилетий (1999—2019 гг.) он возглавлял факультет ВМК, а с 2019 г. являлся его президентом. С 2008 г. Евгений Иванович заведовал кафедрой функционального анализа и его приложений. Блестящий математик, прекрасный педагог. Об-

ласти научных интересов: дифференциальные уравнения, краевые задачи с нелокальными условиями, спектральная теория и др. Моисеев Е.И. подготовил в качестве научного руководителя 9 докторов и 16 кандидатов физико-математических наук. Является автором более 180 статей и 20 книг. Его заслуги в области науки и высшего образования отмечены высокими государственными наградами.

24.03-01.11 40 лет Институту общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук. Гарнов С.В. УФН. 2024. 194, № 2, с. 113-114. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2024.01.039640>.

24.03-01.12 Алексей Ремович Хохлов (к 70-летию со дня рождения). Василевская В.В., Галлямов М.О., Гросберг А.Ю., Гумеров Р.А., Емельяненко А.В., Иванов В.А., Крамаренко Е.Ю., Потёмкин И.И., Руденко О.В., Сергеев А.М., Филиппова О.Е., Хохлов Д.Р. УФН. 2024. 194, № 2, с. 227-228. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2024.01.039636>.

Классические проблемы линейной акустики и теории волн

Математическая теория распространения волн

24.03-01.13 О специфике аналитического расчета условий развития неустойчивости горизонтальной свободной поверхности вязкой жидкости в вибрационном поле. Белоножко Д.Ф., Апарнева А.В., Кожин С.Е. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 18-20. Рус.

24.03-01.14 Солверы пакета OpenFOAM: анализ норм ошибок. Вироков Е.Д., Котылов М.С., Кувшинников А.Е. 9-я Международная конференция — школа моло-

дых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 20-23. Рус.

24.03-01.15 Определение присоединенной массы жидкости при колебаниях упругого стержня на свободной поверхности. Гончаров Д.А., Пожалоостин А.А. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 41-44. Рус.

24.03-01.16 Течения вязкой жидкости в плоском конфузоре. Кумакишев С.А. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-

принт». 2018, с. 97-101. Рус.

24.03-01.17 Самофокусировка ультразвуковых лучей, описываемых трехмерной моделью нелинейной гидроакустики Хохлова—Заболоцкой—Кузнецова в кубической нелинейной среде. Self-focusing of the ultrasonic beams described by a three-dimensional model of non-linear hydroacoustics Khokhlov—Zabolotskaya—Kuznetsov in a cubic nonlinear medium. *Chirkunov Yu. A.* Актуальные проблемы прикладной математики и механики. Тезисы докладов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федерального университета. Абрау-Дюрсо, 01—06 сентября 2020 г. Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского. 2020, с. 3-4. Англ.

24.03-01.18 Обобщение одномерной модели Лейбена-зона движения жидкости или газа в пористой среде при наличии нестационарного сингулярного источника. Generalization the one-dimensional Leibenzon model of the motion of a liquid or gas in a porous medium in the presence of an unsteady singular source. *Chirkunov Yu. A., Skolubovich Yu. L.* Актуальные проблемы прикладной математики и механики. Тезисы докладов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федерального университета. Абрау-Дюрсо, 01—06 сентября 2020 г. Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского. 2020, с. 4-5. Англ.

24.03-01.19 Метод аналитического исследования акустического поля в неоднородном одномерном волноводе. *Мионов М. А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 508-513. Рус.

При решении различных краевых задач для одномерного уравнения Гельмгольца с переменным волновым числом предлагается поменять местами порядок действий. Обычно сначала задаются переменными коэффициентами, описывающими среду распространения (например, зависимостью волнового числа от координаты) и после этого ищут тем или иным способом решения и удовлетворяют граничным условиям. В работе рассмотрены возможности обратного подхода. Сначала задается решение уравнения, например, в виде бегущей волны с переменной амплитудой и фазой. Это решение подставляется в дифференциальное уравнение, которое превращается в уравнение для его переменных коэффициентов, например, квадрата волнового числа. Условие вещественности волнового числа дает связь между амплитудной и фазовой частями решения. В качестве примера предложенного метода рассмотрено одно семейство решений и соответствующее семейство волновых чисел, удовлетворяющих конкретным граничным условиям.

24.03-01.20 Сходимость производящей функции лучей в многослойном волноводе. *Шанин А. В., Корольков А. И., Князева К. С.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 514. Рус.

Рассматривается плоский акустический многослойный волновод, каждый слой является однородным и характеризуется своим значением скорости и плотности. Волновод возбуждается точечным монохроматическим источником, излучающим на частоте ω . Целью работы, было исследовать сходимость ряда Неймана для R . Показано, что данный ряд расходится при некоторых действительных ω и k . Для таких значений ω и k был предложен метод редуцированной реверберационной матрицы: слои, из-за которых ряд расходится, объявляются тонкими, т.е. такими, в которых невозможно выделение отдельных лучей.

24.03-01.21 Дифракция сферической звуковой волны на упругом цилиндре с непрерывно-неоднородным покрытием, расположенном вблизи границы упругого полупространства. *Ефимов Д. Ю.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 515-520. Рус.

Получено строгое аналитическое решение задачи дифрак-

ции сферической звуковой волны, излучаемой точечным источником, на однородном изотропном упругом цилиндре бесконечной длины с покрытием в виде изотропной упругой оболочки с непрерывно изменяющимися по толщине физико-механическими характеристиками. Полагается, что цилиндр окружен идеальной сжимаемой жидкостью и расположен вблизи границы однородного изотропного упругого полупространства. Проведены численные расчеты угловых распределений амплитуды рассеянного акустического поля. Оценено влияние упругой подстилающей поверхности на рассеянное поле. Показано, что неоднородное покрытие позволяет эффективно изменять характеристики рассеяния цилиндрического тела.

24.03-01.22 Метод решения широкоугольного параболического уравнения для описания трехмерных дифрагирующих акустических пучков. *Юлдашев П. В., Коннова Е. О., Хохлова В. А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 521. Рус.

При описании дифракции акустических пучков часто используются однонаправленные параболические уравнения. В самом простом варианте применяется стандартное параболическое уравнение или иначе параксиальное приближение, которое справедливо при малых углах дифракции относительно оси пучка. При рассмотрении сильно сфокусированных пучков точности стандартного параболического уравнения часто оказывается недостаточно и применяется тот или иной вариант широкоугольного параболического уравнения. В теории широкоугольных параболических уравнений наиболее развит метод Паде-аппроксимаций факторизованного уравнения Гельмгольца (т.е. однонаправленного уравнения), либо формального решения этого уравнения, представленного в виде пропагатора, который аналогичен формулам углового спектра при замене суммы квадратов поперечных волновых чисел на соответствующий им поперечный Лапласиан. Хотя метод широкоугольного параболического уравнения оказался чрезвычайно эффективным при решении двумерных задач в акустике океана и атмосферной акустике, при переходе к трехмерным пучкам возникают математические трудности, связанные с невозможностью эффективно использовать конечно-разностную численную схему переменных направлений, которая обычно применяется в случае стандартного параболического уравнения. Существуют различные теоретические способы обхода этих трудностей, связанные, например, с применением итерационных подходов для схем с неявным представлением решения. В данной работе предлагается иной вариант получения решения однонаправленного уравнения, основанный на аппроксимации пропагатора конечным рядом Фурье. Поскольку членами этого ряда являются экспоненты такого же вида, как и в формальном решении стандартного параболического уравнения в операторной форме, то это позволяет использовать известные конечно-разностные численные методы, применяемые для решения параболического уравнения. В работе проверяется работоспособность предложенного метода путем численного расчета дифракции сфокусированного пучка в однородной среде и сравнения с результатами, полученными методом углового спектра.

24.03-01.23 Акустические силы в ансамбле сферических частиц. *Клеценко В. Д., Альбицкая Х. Н., Ладутенко К. С., Петров М. И.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 522-527. Рус.

Представлены результаты теоретических исследований рассеяния акустических волн на ансамблях сферических частиц, а также проявления акустомеханического воздействия между частицами. Был разработан программный пакет для моделирования акустического рассеяния продольных акустических волн на ансамбле сферических частиц в открытом пространстве с помощью метода T-матриц. Метод основывается на мультипольном разложении конечного порядка решений уравнения Гельмгольца, а также их переразложении с использованием теорем сложения для сферических функций. Помимо расчета рассеянных волн также было реализовано вычисление акустических сил, действующих на сферические частицы, и сечений рассеяния и экстинкции через коэффициенты мультипольного разложения акустических полей. Были определены устойчивые configura-

ции ансамбля частиц, а также силы, действующие на каждую из частиц. Данный расчетный код обеспечивает более быстрое моделирование рассеяния по сравнению с соответствующими программами, использующими метод конечных элементов, поскольку позволяет решать задачу одновременно во всех точках пространства. Подобный пакет уже был реализован для электромагнитного рассеяния и позволяет быстро и точно рассчитывать аналогичные задачи в оптике, поэтому данная работа актуальна и в дальнейшем может быть использована для определения поведения ансамбля частиц, удержания его в требуемой конфигурации, а также манипулирования над подложкой кластером частиц и каждой из них по отдельности.

24.03-01.24 Дифракционное гидроакустическое дальнейшее поле конечной цилиндрической оболочки. Косарев О.И., Пузакина А.К. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 528-533. Рус.

Предложен метод расчета вторичного гидроакустического поля конечной упругой цилиндрической оболочки. Метод включает: определение корней дисперсионного уравнения собственных колебаний оболочки в жидкости, расчет вынужденных колебаний составной оболочечной конструкции под действием падающего поля, точного импеданса излучения конечной оболочки в жидкости, расчет вторичного дальнего поля.

24.03-01.25 Сравнение результатов расчета гидроакустического поля с помощью двух различных волновых программ. Белогорцев А.С., Журавлев А.А., Тютекин Ю.В. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 534-540. Рус.

Проведено сравнение двух компьютерных волновых программ расчета гидроакустического поля, реализующих модальный метод и метод параболического уравнения. Проведены расчеты для модели плоскослоистого волновода в мелком море. Показано, что на частотах от 40 Гц и выше программы обеспечивают практически одинаковые результаты.

24.03-01.26 Моделирование решения акустической обратной задачи рассеяния для трехмерной нестационарной среды. Modeling the Solution of the Acoustic Inverse Problem of Scattering for a Three-Dimensional Nonstationary Medium. *Bakushinsky V., Leonov A.S. Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 153-164. Англ.

The inverse problem of acoustic sounding of a three-dimensional nonstationary medium is considered, based on the Cauchy problem for the wave equation with a sound speed coefficient depending on the spatial coordinates and time. The data in the inverse problem are measurements of time-dependent acoustic pressure in some spatial domain. Using these data, it is necessary to determine the positions of local acoustic inhomogeneities (spatial sound speed distributions), which change over time. A special idealized sounding model is used, in which, in particular, it is assumed that the spatial sound speed distribution changes little in the interval between source time pulses. With such a model, the inverse problem is reduced to solving three-dimensional Fredholm linear integral equations for each sounding time interval. Using these solutions, the spatial sound speed distributions are calculated in each sounding time interval. When a special (plane-layer) geometric scheme for the location of the observation and sounding domains is included in the sounding scheme, the inverse problem can be reduced to solving systems of one-dimensional linear Fredholm integral equations, which are solved by well-known methods for regularizing ill-posed problems. This makes it possible to solve the three-dimensional inverse problem of determining the nonstationary sound speed distribution in the sounded medium on a personal computer of average performance for fairly detailed spatial grids in a few minutes. The efficiency of the corresponding algorithm for solving a three-dimensional nonstationary inverse sounding problem in the case of moving local acoustic inhomogeneities is illustrated by solving a number of model problems.

24.03-01.27 Решение нелинейной задачи о деформации длинной цилиндрической оболочки. Вахромова З.Н. *Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2022. 65, № 9-10, с. 610-616. Рус.

Решается задача о геометрически нелинейной деформации длинной некруговой цилиндрической оболочки с переменными параметрами. Исследуется влияние изменения параметра кривизны и нагрузки на напряженно-деформированное состояние оболочки.

24.03-01.28 Точное ограниченное периодическое решение обобщенного уравнения Кортевега—де Фриза с постоянными отклоняющимися аргументами. Сафаров Д.С. *Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2023. 66, № 5-6, с. 290-296. Рус.

Найдено точное ограниченное и периодическое решение для обобщенного уравнения Кортевега—де Фриза с постоянными отклоняющимися аргументами с помощью функции Якоби — дельта амплитуды.

24.03-01.29 Точное ограниченное и периодическое решение обобщенного уравнения Бюргера—Кортевега—де Фриза с постоянными отклоняющимися аргументами. Курбанов И.К., Сафаров Д.С. *Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2023. 66, № 7-8, с. 393-399. Рус.

С помощью эллиптической функции Якоби дельта-амплитуды найдено точное ограниченное и периодическое решение для обобщенного уравнения Бюргера—Кортевега—де Фриза с постоянными отклоняющимися аргументами.

24.03-01.30 Нелокальная обратная задача по времени для уравнения колебаний балки с интегральным условием. Дурдиев У.Д. *Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 3, с. 358-367. Рус.

Исследована прямая задача для поперечных колебаний однородной балки конечной длины с нелокальными по времени условиями, получены необходимое и достаточное условия существования её решения. Для прямой задачи изучена обратная задача по определению коэффициентов, зависящих от времени, при младшей производной и правой части уравнения. Доказаны существование и единственность решения обратной задачи. Для решения используется метод разделения переменных, с помощью которого задачи сводятся к интегральному уравнению и к системе интегральных уравнений.

24.03-01.31 Метод распространяющихся волн. Боровский А.В. *Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 5, с. 619-634. Рус.

Представлен обзор развития метода распространяющихся волн для одномерных сред. Приведены основные результаты и изменения в постановках задачи представления решений линейных систем уравнений с частными производными через "распространяющиеся волны" (а точнее — через систему уравнений переноса волн). Показано, что по мере усложнения исследования систем задача представления решения методом распространяющихся волн оказывается применимой не только для гиперболических систем, но и для систем, содержащих (даже неявно) и параболические, и эллиптические составляющие, и приближается тем самым к общей задаче декомпозиции произвольной системы линейных уравнений в систему уравнений первого порядка с главной частью канонического типа и с подчинённой ей линейной частью.

24.03-01.32 О существовании решений нелинейных краевых задач для системы дифференциальных уравнений равновесия оболочек типа Тимошенко в изометрических координатах. Тимергалиев С.Н. *Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 5, с. 658-674. Рус.

Доказывается существование решений краевой задачи для системы пяти нелинейных дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка при заданных нелинейных граничных условиях, описывающей состояние равновесия упругих пологих неоднородных изотропных оболочек с незакрепленными краями в рамках сдвиговой модели Тимошенко, отнесённых к изометрическим координатам. Краевая задача сводится к нелинейному операторному уравнению относительно обобщённых перемещений в соболевском пространстве, разрешимость которого устанавливается с использованием принципа сжатых отображений.

24.03-01.33 О квазиакустической схеме А.П. Фаворова

ского. *Абакумов М.В., Исаков В.А. Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 6, с. 780-790. Рус.

Рассматривается явная консервативная квазимонотонная разностная схема второго порядка точности для численного решения уравнений газовой динамики, предложенная А.П. Фаворским. Приводятся обоснования основных методов и подходов, лежащих в основе её построения.

24.03-01.34 О фредгольмовости и разрешимости системы интегральных уравнений в задаче сопряжения для уравнения Гельмгольца. *Смирнов Ю.Г., Кондырев О.В. Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 8, с. 1089-1097. Рус.

Рассматривается скалярная трёхмерная краевая задача дифракции волны для уравнения Гельмгольца с условиями сопряжения, предполагающими наличие бесконечно тонкого материала на границе сред. Доказываются теоремы единственности и существования решения. Исходная задача сводится к системе интегральных уравнений по поверхности раздела сред. Приводятся расчётные формулы для системы линейных алгебраических уравнений, полученные после применения метода коллокации, и численные результаты решения задачи, когда область является шаром с определёнными условиями сопряжения.

24.03-01.35 Регулярность функции давления для слабых решений нестационарных уравнений Навье—Стокса. *Амосова Е.В. Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 9, с. 1205-1221. Рус.

Изучена нестационарная система уравнений Навье—Стокса для несжимаемой жидкости. На основе регуляризованной задачи, учитывающей релаксацию поля скоростей в соленоидальное поле, обосновано существование функции давления почти всюду в рассматриваемой области для решений из класса Хопфа. С помощью предложенной регуляризации доказано существование более регулярных слабых решений исходной задачи без ограничений малости на исходные данные. В двумерном случае доказана теорема единственности.

24.03-01.36 Интегральное уравнение Фредгольма для задач акустического рассеяния на трёхмерных прозрачных структурах. *Самозин А.Б., Самозина А.С., Юрченков И.А. Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 9, с. 1260-1265. Рус.

Рассмотрены дифференциальные и интегральные постановки задач акустического рассеяния на трёхмерных ограниченных прозрачных структурах, описываемых интегральным уравнением. Приведены результаты численного решения интегрального уравнения, описывающего рассматриваемый класс задач. Доказана теорема существования и единственности решения.

24.03-01.37 Об устойчивости периодических решений модельного уравнения Навье—Стокса в тонком слое. *Болдырева Е.С. Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 11, с. 1561-1565. Рус.

Исследуется существование и устойчивость периодических решений модельного уравнения Навье—Стокса в тонком трёхмерном слое в зависимости от существования и устойчивости периодических решений одного специального предельного двумерного уравнения.

24.03-01.38 Задача Коши для нагруженного уравнения Кортевега—де Фриза в классе периодических функций. *Хасанов А.Б., Хасанов Т.Г. Дифференциальные уравнения.* 2023. 59, № 12, с. 1668-1679. Рус.

К нахождению решения задачи Коши для нагруженного уравнения Кортевега—де Фриза в классе периодических бесконечнозонных функций применён метод обратной спектральной задачи. Предложены простой алгоритм построения уравнения Кортевега—де Фриза высокого порядка с нагруженными членами и вывод аналога системы дифференциальных уравнений Дубровина. Показано, что сумма равномерно сходящегося функционального ряда, построенного с помощью решения системы уравнений Дубровина и формулы первого следа, действительно удовлетворяет нагруженному нелинейному уравнению Кортевега—де Фриза. Кроме того, доказано, что если начальная функция является действительной π -периодической аналитической функцией, то и решение задачи Коши тоже яв-

ляется действительной аналитической функцией по переменной x , а также что если число π/n , $n \in \mathbb{N}$, $n \geq 2$, является периодом начальной функции, то число π/n является периодом для решения задачи Коши по переменной x .

24.03-01.39 Нестационарные изгибные волны в анизотропной пластине Тимошенко на упругоинерционном основании. *Сердюк Д.О., Федотенков Г.В. Известия вузов. Радиофизика.* 2023. 66, № 10, с. 806-820. Рус.

Рассмотрена проблема нестационарного деформирования неограниченной анизотропной пластины Тимошенко на упругоинерционном основании. В качестве модели анизотропии принят моноклинный тип симметрии упругой среды, для которой характерна одна плоскость симметрии. Аналитическими методами построены новые фундаментальные решения для нестационарного нормального перемещения и углов отклонения. Для нахождения фундаментальных решений применены интегральные преобразования Лапласа и Фурье. На основе фундаментальных решений получены интегральные соотношения для исследования нестационарных изгибных волн в пластине при воздействии совокупностей сосредоточенных и распределённых нагрузок. Приведён пример расчёта.

24.03-01.40 Солитоны Френкеля—Конторовой в регистрации малых физических полей. *Шульгин В.А. Письма в Журнал технической физики.* 2024. 50, № 11, с. 24-26. Рус.

Представлены результаты эксперимента по возбуждению солитонов когерентного акустического поля в жидкостном резонаторе и регистрации реакции этого поля на векторное воздействие сил Кориолиса. Результатом эксперимента является определение направления на географический полюс Земли. В процессе исследований выявлен ряд закономерностей динамики акустического поля солитонов, соответствующих модели Френкеля—Конторовой. Ключевые слова: ускорение Кориолиса, солитоны Френкеля—Конторовой, геокомпас, акустика.

Лучевая акустика

24.03-01.41 Векторно-фазовый алгоритм определения направленности гидроакустического излучения источников шума. *Лосев Г.И. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС".* 2023, с. 372-378. Рус.

Приводятся разработанный алгоритм определения направленности гидроакустического излучения источников шума с использованием векторно-фазовых методов обработки сигналов и результаты акустических испытаний, проведенных на ходовых режимах в надводном положении морских шумящих объектов с помощью макета приемной гидроакустической системы с векторным приемником. Проведенные экспериментальные исследования показали, что использование векторно-фазовых средств измерений и методов обработки сигналов обеспечивает эффективное выделение акустических характеристик источников шума в длительном промежутке времени, подавление окружающих мешающих источников шумоизлучения, поиск зон повышенного шумоизлучения и определение направленности излучения найденных источников шума.

См. также **24.03-01.20**

Отражение, дифракция и рефракция волн

24.03-01.42 Нано- и микрокристаллические образцы сплавов Гейслера с точки зрения акустики диссипативных сред. *Кузавко Ю.А., Шавров В.Г. Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIXX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27 сентября—01 октября 2004 г. Витебск: Витебский государственный технологический ун-т.* 2004, с. 152. Рус.

24.03-01.43 Акустика диссипативных сред: теория, эксперимент, применение. *Кузавко Ю.А. Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIXX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27 сентября—01 октября*

2004 г. Витебск: Витебский государственный технологический ун-т. 2004, с. 153. Рус.

24.03-01.44 Акустические спектральные исследования сверхупругости и сверхпластичности сплавов Гейслера. Карпук М.М., Коледов В.В., Костюк Д.А., Кузавко Ю.А., Шаверов В.Г. *Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIXX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27 сентября—01 октября 2004 г.* Витебск: Витебский государственный технологический ун-т. 2004, с. 156-157. Рус.

24.03-01.45 Влияние частоты ультразвуковых воздействий на эффект памяти в сплавах Гейслера. Коледов В.В., Кузавко Ю.А., Шаверов В.Г. *Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIXX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27 сентября—01 октября 2004 г.* Витебск: Витебский государственный технологический ун-т. 2004, с. 158. Рус.

24.03-01.46 Ультразвуковая интенсификация получения корундовых покрытий на алюминии методом микродугового оксидирования. Костюк Д.А., Кузавко Ю.А. *Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIXX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27 сентября—01 октября 2004 г.* Витебск: Витебский государственный технологический ун-т. 2004, с. 160. Рус.

24.03-01.47 Обратное отражение звука внутри капли при соударении с поверхностью жидкости. Прохоров В.Е. *9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г.* М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 135-138. Рус.

24.03-01.48 Ударное звуковое излучение капли при ее столкновении с водной поверхностью. Прохоров В.Е. *9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г.* М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 138-140. Рус.

24.03-01.49 О горизонтальной рефракции звука при распространении через синоптический вихрь. Сорочкин М.А., Петров П.С., Каплуненко Д.Д., Голов А.А., Моргунов Ю.Н. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 277. Рус.

Точность решения задач акустической дальнометрии ключевым образом зависит от полноты поля скорости звука вдоль акустической трассы. Зачастую неоднородности поля скорости звука в океане существенно влияют на траектории распространения звука, что приводит к т.н. задержкам модальных компонент акустического сигнала. В работе рассматривается влияние синоптического вихря на лучевые траектории модальных компонент импульсного акустического сигнала. Произведена оценка удлинения лучевых траекторий относительно геодезической линии, соединяющей источник акустических сигналов и приемник. Показано влияние крупномасштабных гидрологических неоднородностей на время распространения модальных компонент акустического сигнала. Учет данного явления позволит повысить точность решения задач дальнометрии, поскольку даже в случае наличия на акустической трассе синоптического вихря по-прежнему возможно провести практически однозначное соответствие между пиками импульсной характеристики и теоретически рассчитанными временами прихода модальных компонент акустического сигнала, что является очевидным практическим применением такого подхода.

24.03-01.50 Влияние батиметрической рефракции на структуру сигналов и азимуты прихода в точку приема. Есипов И.Б., Попов О.Е., Кенигсбергер Г.В., Поддубняк В.Я., Михеев В.И., Нешенко И.П. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 346. Рус.

The results of an experimental research of bathymetric refraction during the propagation of acoustic signals in a coastal wedge with a complex bottom relief near the Black Sea coast of Abkhazia are presented. Two receiving systems were used. The first, at a depth

of 4 m, consisted of four receivers located at the corners of the tetrahedron with a side of 1 m, the second, installed from the first, about 36 m to the bottom to a depth of 24 m in the form of a rectangle with four receivers with distances between them about 0.7 m. Both systems made it possible to measure azimuths and slip angles of signals. Linear-frequency modulated pulses were emitted in the frequency band 4—9.5 kHz with a duration of 0.03 s. For three distances of 500, 1000 and 2000 m and for different azimuths in relation to the receivers, a series of signals were emitted. Due to the presence of upper almost homogeneous layer about 20 m thick, direct signals without reflections from the bottom were the first to arrive. The azimuths of these signals were close to the true azimuths of the sound source. The signals coming later propagated with a reflection from the bottom. The most striking manifestation of bathymetric refraction was observed at a distance of 2000 m, when the arrival following the direct signal with an interval of 0.002 s differed in azimuth by 23 degrees. The results of statistical processing in the form of azimuth histograms for various azimuths and distances to receivers are presented.

24.03-01.51 Использование продольных критически преломленных волн для определения остаточных и температурных напряжений в рельсах. Use of Longitudinal Critically Refracted Waves to Determine Residual and Temperature Stresses in Rails. Kurashkin K.V., Kirillov A.G., Gonchar A.V. *Acoustical Physics*. 2024. 70, № 1, с. 51-57. Англ.

The possibility of using longitudinal critically refracted waves for acoustic strain gauging of longitudinal residual and temperature stresses in rails is studied. The influence of stress and temperature on the propagation velocity of elastic waves in rail steel is analyzed theoretically. An algorithm is presented for determining longitudinal stress in a rail by measuring the propagation time of longitudinal critically refracted waves. The operational principle is described, and the main parameters of an acoustic strain gauge device are presented, in which a differential scheme for measuring the propagation time of longitudinal critically refracted waves is implemented. Longitudinal critically refracted waves that propagate along a rail are emitted and received from the rolling surface of a rail head using contact piezoelectric transducers fixed on the polymethylmethacrylate wedges. The results of acoustomechanical and temperature tests are presented. The measurement errors are calculated. The results of determining the level of residual welding stresses in the head of a new rail are presented. The experimental results are compared with theoretical estimates of the stresses that arise in a rail under the influence of temperature, as well as with available data in the literature on residual stresses in rails.

См. также 24.03-01.21, 24.03-01.22, 24.03-01.23, 24.03-01.24, 24.03-01.25

Рассеяние акустических волн

24.03-01.52 Особенности рэлеевского рассеяния частицей вблизи границы раздела. Features of Rayleigh Scattering by a Particle Near an Interface. Maksimov O. *Acoustical Physics*. 2024. 70, № 1, с. 1-8. Англ.

Features of Rayleigh scattering by a solid particle at a small distance compared to the wavelength from an impenetrable plane boundary are revealed. The choice of the Green's function in the integral representation of the Helmholtz equation makes it possible to reduce integration only over the particle surface and eliminate the contribution of the interface surface. When expanding over a small wave parameter, a well-known approach is used, making it possible to represent the solution of a given order as the sum of a potential function and a component expressed in terms of lower-order approximations. The potential component is found, expressed in terms of solid irregular harmonics centered on the particle and its mirror image. The vibrational velocity of the center of a particle and the scattering amplitude are determined. In the lowest order of the wavenumber, the scattering amplitude is expressed in terms of the monopole and dipole components.

24.03-01.53 Метод расчета акустических напряжений при шестилучевой дифракции в слоистых средах.

Беляев Ю.Н. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика.* 2018, № 4, с. 82-92. Рус.

Теоретически исследуются напряжения, возникающие в слоистой среде в результате воздействия акустической волны. В общем случае под действием падающей упругой волны в анизотропном слое формируются шесть волн, три из которых направлены в область отражения и три — в область прохождения. Напряженно-деформированное состояние слоя является результатом суммарного воздействия этих волн и описывается уравнениями движений сплошной среды и обобщенным законом Гука. Эта система дифференциальных уравнений решается относительно компонент вектора смещения и тензора напряжений в декартовой системе координат в матричной форме. Компоненты вектора смещений и тензора напряжений на двух противоположных границах слоя толщиной d_i выражаются друг через друга с помощью матрицы переноса шестого порядка $T1 \exp(W_i \cdot d_i)$. Вычисление этой экспоненты проводится с помощью многочленов главных миноров матрицы W_i и не требует нахождения собственных значений матрицы W_i . Этот метод обеспечивает более точное и надежное вычисление матрицы переноса N -слойной среды $T=TNTN-1 \dots T1$ в сравнении с другими известными алгоритмами. Амплитуды волн, рассеянных анизотропным слоем, выражены через элементы матрицы переноса. Распределение акустических напряжений по толщине анизотропного слоя определяется амплитудами рассеянных волн и элементами соответствующих матриц переноса. Этот способ расчета акустических напряжений продемонстрирован для падающих волн SH-, SV- и P-типа на трехслойной модели: изотропный слой—кристаллический слой—изотропный слой. Приведено сравнение спектров рассеяния упругих волн и зависимостей напряжений от углов рассеяния для кристаллических слоев кремния и молибдата свинца. Дана интерпретация резонансов акустических напряжений, возникающих в кристаллическом слое под действием сдвиговых волн.

24.03-01.54 Метод расчетов резонансов акустических напряжений на границах анизотропного слоя. **Беляев Ю.Н.** *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика.* 2023, № 6, с. 18-28. Рус.

Исследуются условия возникновения резонансов акустических напряжений на границах анизотропного слоя. В общем случае под действием падающей упругой волны в анизотропном слое формируются шесть упругих волн. Суммарное воздействие этих волн определяет напряженно-деформированное состояние слоя и отображается в спектрах волн, рассеянных слоем в окружающую среду. Моделирование спектров рассеяния и акустических напряжений проводилось путём решения уравнений движений сплошной среды и обобщенного закона Гука. Эта система дифференциальных уравнений решается относительно компонент вектора смещения и тензора напряжений в декартовой системе координат. Развивается метод Пеано—Бекера решения системы дифференциальных уравнений с помощью матричной экспоненты. Компоненты вектора смещений и тензора напряжений на двух противоположных границах слоя толщиной d выражаются друг через друга с помощью матрицы переноса шестого порядка $T=\exp(W_d)$, где матрица W определяется параметрами исследуемого слоя. Используется метод масштабирования и кратного квадрирования, согласно которому $T=(\exp(W_d/m))^m$. Предложен метод выбора параметра масштабирования m для оценки погрешностей усечения и округления при вычислении $\exp(W_d/m)$. Гарантированная точность и наилучшая эффективность вычислений всех элементов матричной экспоненты шестого порядка, в сравнении с другими известными методами, обеспечивается применением метода многочленов главных миноров матрицы W . Приведено моделирование спектров рассеяния упругих волн (коэффициентов преобразований) и зависимостей напряжений от углов падения для слоев кристалла кубической сингонии на примере индия. Дана интерпретация резонансов акустических напряжений, возникающих в кристаллическом слое под действием падающей на кристалл сдвиговой волны.

См. также **24.03-01.36**

Упругие волны в твердых телах

24.03-01.55 Продольные и крутильные волны в анизотропных цилиндрах. **Куликовский А.Г., Чугайнова А.П.** *9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах».* Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 97. Рус.

Отражение, дифракция, рассеяние упругих волн

24.03-01.56 Измерение акустической радиационной силы, действующей на упругий сферический рассеиватель в жидкости при его облучении фокусированным ультразвуковым пучком. **Котельникова Л.М., Цысарь С.А., Николаев Д.А., Сапожников О.А.** *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 947-953. Рус.

Представлены результаты измерений вертикальной компоненты радиационной силы методом взвешивания для упругих сферических рассеивателей миллиметровых размеров (диаметрами 4—8 мм) из различных материалов (сталь, стекло, нейлон). Рассеиватель крепился в системе тонких натянутых лесок, которые опирались на жесткую конструкцию, взвешиваемую на электронных весах с точностью 4 мг. Ультразвуковой пучок генерировался в бассейне с водой вогнутым пьезокерамическим излучателем с центральной частотой 1 МГц, фокусным расстоянием 70 мм и диаметром 100 мм. Излучатель был закреплен на системе позиционирования, позволявшей перемещать его вдоль трех взаимно перпендикулярных осей. Ось излучателя была направлена вертикально вниз. Результаты экспериментальных измерений радиационной силы сравнивались с численными расчетами, основанными на методе разложения акустического пучка излучателя в угловой спектр. При сравнении с предсказаниями теоретической модели недостатком метода оказалось появление осцилляций в зависимости силы от расстояния при нахождении рассеивателя в фокальной области излучателя. Причиной являлись стоячие волны, возникавшие между поверхностями рассеивателя и пьезоэлектрического источника. Для устранения указанного артефакта и повышения точности измерений радиационной силы в настоящей работе был использован подход, позволяющий минимизировать отражение акустических волн от поверхности пьезопреобразователя путем подбора величины нагруженного на него электрического импеданса.

См. также **24.03-01.47, 24.03-01.48**

Скорость и затухание акустических волн

24.03-01.57 Изменчивость скорости звука в Черном море. **Детяр А.Д., Маленко Ж.В., Ярошенко А.А.** *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 359. Рус.

Скорость звука является важнейшей первичной акустической характеристикой водной среды, определяющей условия распространения в ней акустических колебаний. Среднее значение скорости звука у поверхности по акватории Черного моря изменяется от 1458 до 1514 м/с. Максимальное значение скорости звука у поверхности (июль—август) 1507—1514 м/с, а минимальное (январь—март) 1463—1458 м/с. Значительная изменчивость скорости звука от 1440 до 1520 м/с в слое воды 0—75 м обусловлена изменчивостью температуры воды, а менее интенсивная изменчивость от 1455 до 1472 м/с в слое 75—150 м обусловлена влиянием солёности. Ниже 200 м скорость звука практически постоянна (от 1469 до 1502 м/с). Для решения задач о распространении звука важно не абсолютное значение скорости звука, а зависимость скорости от глубины — профиль скорости звука. В работе приводятся среднемесячные профили температуры и скорости звука для центральной части Черного моря до глубины 200 м. Летом температура воды в верхних слоях увеличивается, а с нею увеличивается и скорость звука. С

увеличением глубины происходит понижение температуры, а, следовательно, и уменьшение скорости звука. На глубине 40 м наблюдается минимум скорости звука. С увеличением глубины происходит повышение температуры, а, следовательно, и повышение скорости звука. Ниже 100 м температура практически постоянна и не зависит от сезонных изменений и сохраняется постоянной в течение всех времен года, а, следовательно, и профиль скорости звука для данного места не меняется, так как на больших глубинах он определяется лишь ростом гидростатического давления. Во время зимних месяцев температура воды у поверхности понижается, а частые шторма приводят к перемешиванию водных масс. В результате слой скачка температуры и ПЗК исчезают (январь—март). В ноябре—декабре возможно образование двухосевого ПЗК. Одна ось канала находится на поверхности, а другая на глубине. В апреле ось ПЗК находится на глубине 35 м, в мае—сентябре на 40 м, в декабре на 45 м, ноябре—декабре на 50 м. Ниже 120 м профиль скорости звука практически постоянен.

24.03-01.58 **Оценки скорости звука в Ладожском озере.** *Львов К.П. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 360-365. Рус.*

Рассмотрены оценки вертикального распределения скорости звука глубоководного района Ладожского озера для июня—августа. Район с глубинами 140—230 м расположен восточнее выхода из зал. Найсмери, юго-восточнее м. Куркиниemi. Средняя минерализация основной водной массы Ладожского озера составляет ~ 0.064 г/кг (2019 г.) и обладает малой пространственной и временной изменчивостью. Наибольшие значения средней температуры верхнего слоя воды достигают в начале августа $\approx 16^\circ\text{C}$. На глубине — холодная 4-градусная вода, т.н. 4-градусная изотерма, максимум плотности пресной воды. Расчеты скорости звука выполнены по *in situ* измерениям температуры как функции глубины по данным института озероведения РАН. Использовались формулы Чена и Миллера (1977 г., 1986 г.), формула ВНИИФТРИ (2002 г.) и упрощенная формула. Приведены статистические характеристики сравнения на 41 горизонте (0, 5, 10, ..., 190, 195, 200 м) — среднее отклонение, среднеквадратичное отклонение, наибольшие отрицательные и положительные отклонения. Для сравнения приведены графики профилей вертикального распределения скорости звука *in situ* измерений гидроакустическим измерителем скорости звука miniSVP.

Стоячие волны, резонанс, нормальные моды

24.03-01.59 **Квазилинейные автоколебательные моды термомеханических систем.** *Акуленко Л.Д., Байдулов В.Г. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 11-14. Рус.*

24.03-01.60 **Параметрический анализ задачи о движении источника в стратифицированной жидкости.** *Байдулов В.Г. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 15-16. Рус.*

24.03-01.61 **Кольцевое течение около равномерно вращающегося диска.** *Бардаков Р.Н. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 16-17. Рус.*

Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

24.03-01.62 **Осаждение табачного дыма при колебаниях в закрытой трубе вблизи резонанса.** *Ткаченко Л.А. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 150-153. Рус.*

24.03-01.63 **Экспериментальное исследование осаждения аэрозоля в открытой трубе при резонансных колебаниях различной интенсивности.** *Шайдуллин Л.Р. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 175-177. Рус.*

См. также **24.03-01.19**, **24.03-01.75**

Излучение источников, импеданс, картины полей

24.03-01.64 **Пульсации потока в аэродинамической трубе с открытой рабочей частью и управление ими.** *Гаджизагомедов Г.Г., Батура Н.И., Баранов С.А., Сбоев Д.С. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 36-38. Рус.*

24.03-01.65 **Перемешивание в горизонтальном слое жидкости с волновым изменением формы верхней границы.** *Федюшкин А.И. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 163-165. Рус.*

24.03-01.66 **Голографическая структура источника звука на стационарной акустической трассе в присутствии внутренних волн.** *Пересёлков С.А., Кузькин В.М., Казначеева Е.С., Ткаченко С.А., Рыбачев П.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 316-321. Рус.*

Рассмотрены физико-математические принципы формирования голограммы в океанической среде на фоне интенсивных внутренних волн, вызывающих взаимодействие мод. Показано, что спектральная плотность голограммы концентрируется в двух непересекающихся областях, соответствующих рассеянному и невозмущенному полям. Фильтрация этих областей дает возможность передавать неискаженную информацию через неоднородную океаническую среду.

24.03-01.67 **Излучение скользящих волн границей с заданным бегущим распределением поля.** *Арабаджи В.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 502-507. Рус.*

Рассмотрена задача звукового монохроматического излучения границы с заданным бегущим распределением нормальных колебательных скоростей. Показано, что при приближении (увеличении) пространственной частоты нормальных колебательных скоростей к волновому числу в среде поверхностная плотность излучаемой мощности (передаваемой «скользящей» плоской волне) растет до бесконечности (при сколь угодно малых амплитудах нормальных колебательных скоростей на границе) и становится равной нулю для всех пространственных частот, превышающих волновое число в среде, т.е. имеет место резонанс на пространственной частоте. Если задать на границе аналогичное распределение давления с бегущей фазой, то резонанс (с бесконечной плотностью излучаемой мощности) не возникает. Показано, что в случае линейной эквидистантной цепочки трехмерных монополей (или сколь угодно малых пульсирующих сфер, отделенных друг от друга средой и представляющих антенну бегущей волны) резонанс также отсутствует. Исследовано влияние кривизны границы (а также локализации распределения нормальных колебательных скоростей на излучающей границе) на величину резонанса. Показано, что на границе с заданными бегущими фазами нормальных колебательных скоростей возникает постоянная во времени тангенциальная сила реакции излучения, никак не связанная с нелинейностью среды и пропорциональная излучаемой мощности.

24.03-01.68 **Направленные свойства линейного массива из двух антенных решеток.** *Красненко Н.П., Раков Д.С., Раков А.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 703-709. Рус.*

Приведены результаты разработки и исследования двух линейных массивов направленных акустических излучателей, каждый из которых состоит из двух плоских антенных решеток. Их особенностью является большое межэлементное расстояние. Проведены исследования характеристики направленности разработанных линейных массивов. Показано, что в ближней зоне, характеристика направленности линейного массива приближается к множителю решетки для данного массива. Определено, что общее количество лепестков характеристики направленности равно $n+1$, где n целое число длин волн, укладывающихся на межэлементном расстоянии. Итоговая ширина характеристики направленности в дальней зоне зависит от межэлементного расстояния. Приведены технические характеристики разработанных макетов линейных массивов.

24.03-01.69 Способ оптимизации затухания звука в плоском и прямоугольном каналах методом кратных мод. *Канев Н.Г.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1127-1132. Рус.

Рассмотрена задача о затухании звука в канале с импедансными стенками. Из работ Кремера, Тестера и др. известно, что оптимальное затухание звука в плоском канале, стенки которого имеют одинаковый импеданс, связано с появлением двойной моды. В настоящей работе показано, что при независимом подборе импеданса стенок плоского канала в нем образуется тройная мода, коэффициент затухания которой принимает максимально возможное значение. По результатам сравнения эффективности затухания двойных и тройных мод установлено, что их коэффициенты затухания отличаются незначительно. Также рассмотрен канал прямоугольного сечения, импедансы четырех стенок которого подбираются независимо. Показано, что при оптимальном выборе импедансов в канале образуется девятая мода.

Численные методы, компьютерное моделирование

24.03-01.70 Математическая модель динамики пятен в стратифицированной жидкости. *Гущин В.А.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 57-59. Рус.

24.03-01.71 Формирование вихревой структуры около горизонтального клина в непрерывно стратифицированной жидкости. *Димитриева Н.Ф.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 59-62. Рус.

24.03-01.72 Численное исследование процесса инициирования детонационной волны при использовании эллиптических отражателей. *Лопато А.И.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 107-111. Рус.

Математическое моделирование течений с волнами детонации (сверхзвуковыми волнами горения) в результате решения уравнений Эйлера для невязкого газа, дополненных моделью кинетики химических реакций, берет свое начало в конце 1970-х годов. Среди многочисленных работ, посвященных исследованию проблем детонационной волны (ДВ), отдельным вопросом является задача об инициировании и распространении ДВ в областях сложной формы. Для моделирования в таких областях часто применяются блочно-структурированные расчетные сетки и схемы низкого порядка аппроксимации. Развитие математического аппарата способствует проведению исследований на неструктурированных расчетных сетках, что позволяет более подробно численно описывать криволинейные границы тел и расчетной области. В данной работе рассматривается инициирование ДВ при использовании профилированных торцов канала, а именно, так называемых, эллиптических отражателей. Целью работы является реализация вычислительной методики повышенного порядка аппроксимации для расчета двумерных течений газа с химической реакцией на треугольных неструк-

турированных сетках, а также применение вычислительной методики к исследованию механизмов инициирования детонационных волн при использовании эллиптических отражателей.

24.03-01.73 Распространение акустических волн в плоском волноводе, заполненном стратифицированной средой. *Нестеров С.В., Байдулов В.Г.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 123-126. Рус.

24.03-01.74 Численное моделирование работы водометного двигателя и параметров гидродинамического следа за подводным объектом. *Сухорукоев А.Л., Чернышев И.А.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 145-148. Рус.

24.03-01.75 Численное исследование процесса перемещения запыленной среды в ударной трубе с различными газами основанное на математической модели гетерогенных сред. *Тукмаков Д.А.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 157-160. Рус.

24.03-01.76 Численное моделирование восприимчивости сверхзвукового пограничного слоя к трехмерным акустическим возмущениям. *Егоров И.В., Пальчиковская Н.В.* Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 363-365. Рус.

24.03-01.77 Численное моделирование индуцированных лазером ударных волн в конденсированной среде. *Шепелев В.В., Перов Е.А., Долуденко А.Н.* Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 488-489. Рус.

24.03-01.78 Численное описание генерации акустических волн разностной частоты в трехмерном пучке на примере подводного параметрического излучателя. *Квашенникова А.В., Юлдашев П.В., Есипов И.Б., Хохлова В.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 20-25. Рус.

Исследован процесс генерации акустических пучков разностной частоты, формируемых при взаимодействии двух близких по частоте интенсивных волн накачки, излучаемых высокочастотным подводным параметрическим излучателем. Рассматривалась трехмерная нелинейно-дифракционная задача для трех пар взаимодействующих частот в режимах излучения вплоть до образования разрывов в профиле волны. Построены численные решения параболического уравнения Хохлова—Заболотской—Кузнецова с оптимизацией спектрального алгоритма вычисления нелинейного оператора, что позволило существенно сократить количество используемых в численном алгоритме гармоник. Показано, что полный учет нелинейных эффектов устраняет неточности использования квазилинейного подхода для предсказания эффективности параметрической антенны и дифракционной расходимости пучков в сильно нелинейных режимах, реализуемых при больших начальных давлениях на излучателе.

24.03-01.79 Спектральная характеристика и временная динамика перестраиваемых акустических резонаторов в режиме сильной связи. *Миролюбов М.А., Альшевский Д.В., Тофтун И.Д., Ткалич Д.И., Самусев А.К., Петров М.И.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 966-971. Рус.

Представлена экспериментальная демонстрация формирования режима сильной связи между двумя акустическими резонаторами Фабри—Перо, проведено экспериментальное и теоретическое изучение спектральных и временных характеристик

рассматриваемой системы. Продемонстрирован переход между режимами слабой и сильной связи, за счет настройки управляющего параметра системы. В режиме сильной связи была достигнута величина константы связи $\gamma=3.5$. Также нами проведено измерение одномерного акустического рассеяния на резонаторе Гельмгольца и на системе двух резонаторов Гельмгольца, связанных через волновод. Экспериментально продемонстрирован переход от режима симметричного рассеяния к режиму асимметричного рассеяния (при отстройке собственных частот резонаторов).

24.03-01.80 Анализ структуры звукового поля сверхзвуковой струи на основе данных численного моделирования. *Бычков О.П., Миролюков И.Ю., Фараносов Г.А., Юдин М.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1030-1035. Рус.*

Проведено численное моделирование аэроакустических характеристик затопленной сверхзвуковой струи, истекающей из сопла Лавала с выходным диаметром $D=0.03$ м на расчетном режиме истечения с числом Маха $M=2$ (скорость истечения около $U \approx 510$ м/с). В процессе расчета накоплены временные истории случайных параметров на протяжении около 5000 конвективных времен (D/U), что в 10–20 раз превышает значения, типичные для численного моделирования струйных течений. Сопоставление данных, полученных из расчета, с имеющимися экспериментальными, данными показало их хорошее соответствие как в терминах спектра и направленности суммарного шума, так и в терминах характеристик азимутальных мод. Проведен анализ излучения отдельных азимутальных компонент шума струи в дальнем поле и показано, что в зависимости от угла наблюдения в звуковом сигнале могут доминировать источники шума различной природы.

24.03-01.81 Численное моделирование генерации шума разными конфигурациями винтов мультикоптера. *Аксенов А.А., Тимушев С.Ф., Клименко Д.В., Федосеев С.Ю., Мошков П.А. Мат. моделир. 2024. 36, № 2, с. 99-112. Рус.*

Мультикоптеры (дроны) малой грузоподъемности широко используются для коммерческой и другой деятельности. В развитых странах Европы и в США начинают разрабатываться законодательные меры по ограничению шума мультикоптеров, поэтому низкий уровень шума мультикоптера с винтовыми движителями является важным фактором конкурентоспособности. Это требует развития методов вычислительной аэроакустики в сочетании с системами автоматизированного проектирования дронов, включая винтовые движители. Применение метода декомпозиции вихревой и акустической мод в дозвуковом изотропном течении, описанное в данной статье, позволяет учесть факторы неоднородности потока и интерференции роторов. Для верификационных расчетов использована однопроцессорная версия ПО, реализующая данный метод во временной области для частоты следования лопастей винтов (ЧСЛ). Получены сравнительные характеристики параметров звукового поля для разных конфигураций роторов в режиме висения над землей. Показана необходимость оптимизации взаимного положения винтов мультикоптера для обеспечения низкого уровня излучаемой звуковой мощности.

24.03-01.82 Численное моделирование процессов взаимодействия волны возмущения в водороде и перегородки в модельном канале. *Серегина М.А., Бабушкина А.В., Модорский В.Я., Черепанов И.Е., Михрюков А.О. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2023, № 6, с. 68-77. Рус.*

Рассматриваются вопросы влияния физико-механических характеристик материала конструкции на распространение акустических волн в газе в модельном канале. Исследование влияния материала конструкции, в частности трубопроводов, на распространение волновых процессов связано с проблемой шума, возникающего при транспортировке природного газа и водородсодержащих смесей. Особенно актуальной является проблема шума с учетом прогнозов по развитию отрасли транспортировки и хранения водородной энергетики. Моделирова-

ние акустических процессов зачастую связано с источниками возникновения и распространения в моделируемой среде. При этом не учитываются возможное возникновение резонансных явлений или процессов ослабления акустических волн в динамической системе «газ—конструкция». Краевая задача сформулирована в постановке двунаправленного взаимодействия (2-way Fluid-Structure Interaction, или 2FSI) между деформируемой конструкцией и потоком водорода. Прогнозирование поведения конструкции трубопровода в модельном представлении при воздействиях газа в процессе транспортировки позволит подобрать оптимальный вариант материала для снижения акустического воздействия как внутри канала, так и за его пределами. Исследования, приведенные в данной работе, осуществляются с использованием системы инженерного анализа ANSYS, позволяющей моделировать рассматриваемые процессы в 2FSI-постановке. В работе приводится анализ поведения волны, генерируемой одномерным источником звука, взаимодействующей с перегородками, заземленными в трубе прямоугольного сечения. Представлены основные результаты исследования в виде зависимостей амплитуды давления от времени в характерных точках; зависимости перемещений от времени модельных перегородок из различных материалов; зависимости изменения давления и перемещения для разных рабочих тел.

24.03-01.83 Численное моделирование взаимодействия деформируемого газопроницаемого фрагмента гранулированного слоя с ударной волной в трехмерной постановке. *Глазова Е.Г., Кочетков А.В., Лисицын А.А., Модин И.А. Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2023. 27, № 4, с. 645-658. Рус.*

Разработанная авторами ранее численная методика решения трехмерных задач динамического взаимодействия деформируемых тел и сред в эйлеровых переменных на базе схемы Годунова повышенной точности применяется для решения задач взаимодействия деформируемого газопроницаемого фрагмента гранулированного слоя с ударными волнами. Моделирование основано на базе единого модифицированного разностного метода Годунова как для расчета движения газа, так и для расчета динамического деформирования упругопластических элементов проницаемого гранулированного слоя. Повышение точности достигается путем сближения областей влияния разностной и дифференциальной задач. Предполагается, что песчаный гранулированный слой состоит из совокупности одинаковых шаровых деформируемых кварцевых частиц, представляющей собой кубическую упаковку. Пространство между частицами заполнено сжимаемой газовой средой (воздухом). Выделяется симметричный элемент упаковки в виде последовательности шаровых частиц. Для демонстрации численной методики предполагается, что многослойная гранулированная среда в направлении распространения плоской ударной волны состоит из трех слоев частиц в канале квадратного сечения с жесткими стенками. Исследование проводится по методике с явным выделением подвижных лагранжевых контактных поверхностей с использованием многосеточных алгоритмов. Приводятся результаты численных исследований процесса распространения ударной волны в гранулированном слое с учетом движения его деформируемых элементов. Показано, что для заданных параметров задачи влияние деформационных процессов незначительно. Проходящая через слой ударная волна формирует за преградой газодинамическое течение, близкое к одномерному. Соответствие результатов численного решения известным экспериментальным результатам по параметрам проходящей через слой ударной волны свидетельствует об адекватности применяемых математических и численных моделей.

См. также **24.03-01.52, 24.03-01.75**

Методы измерений и инструменты

24.03-01.84 Влияние вихревых потоков на перенос примеси в двойном тигле. *Везуб Н.А., Простомолов А.И. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 29-32. Рус.*

24.03-01.85 Экспериментальное и расчетное исследование конденсационного гидроудара на стенде АО "ЭНИЦ". Волков Г.Ю., Елкин И.В., Никонен С.М., Мелихов В.И., Мелихов О.И., Трубкин О.Н., Якуш С.Е. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премюм-принт». 2018, с. 33-36. Рус.

24.03-01.86 Колебательный процесс в интерференционной антенне остронаправленного микрофона. Субботкин А.О. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 687-701. Рус.

В исследовании анализируется звуковое поле внутри акустической интерференционной антенны при воздействии на нее звуковой волны. Интерференционная антенна представляет собой узкую трубку постоянного поперечного сечения с перфорациями (отверстиями) на боковой поверхности по всей ее длине. Такие антенны используются в микрофонах с остронаправленной характеристикой направленности — интерференционных микрофонах (т.н. микрофоны-пушки). Анализ звукового поля проводился двумя методами — методом электроакустических аналогий и методом реверберационной матрицы. В методе электроакустических аналогий антенна была представлена в виде эквивалентной электрической схемы из Z-блоков, которыми заменили акустические элементы антенны. Электрический ток в ответвлении цепи эквивалентен объемной колебательной скорости, а напряжение эквивалентно звуковому давлению. В методе реверберационной матрицы звуковое поле описывается матричным уравнением, которое позволяет определить сумму всех элементарных прямых волн и сумму всех элементарных обратных волн любого заданного порядка дифракции в каждом сегменте интерференционной антенны. Результаты расчетов по сформулированным математическим моделям хорошо совпадают с экспериментальными результатами. В эксперименте исследовался макет интерференционного микрофона с боковыми отверстиями, не закрытыми тканью или сеткой. Показано, что открытые отверстия не обеспечивают микрофону остронаправленную характеристику, и показано, что классическая математическая модель интерференционного микрофона не позволяет объяснить это обстоятельство. Причиной отсутствия острой направленности является дисперсия внутри интерференционной антенны.

24.03-01.87 Моделирование поля внутри многоэлементного цилиндрического преобразователя для целей биофабрикация цилиндрических клеточных конструкций. Кренделева А.Д., Лапина А.В., Крожмал А.А., Цысарь С.А., Сапожников О.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 834. Рус.

24.03-01.88 Низкочастотная сдвиговая упругость гомологического ряда нормальных углеводородов. Макарова Д.Н., Вадмаев Б.Б., Дембелова Т.С., Машанов А.Н. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 961-965. 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.

24.03-01.89 Анализ изменения параметров спутной струи подводного объекта. Вахрушина Н.С., Дядиц А.Н. Морской вестник. 2024, № 1, с. 14-18. Рус.

Авторы разработали алгоритм и написали программу на языке Mathcad-15. В данной статье рассмотрен только тепловой след от кильватерной струи американской АПЛ типа «Огайо». Как известно, факт обнаружения подводных лодок — главная

задача при борьбе с ними. Основное преимущество подводных лодок — скрытность. Энергетическая установка АПЛ по термодинамическим понятиям второго закона обладает определенным КПД преобразования теплоты в работу. При этом предполагается наличие горячего (ядерный реактор) и холодного (заборная вода) источников теплоты. КПД нерегенеративных ЯЭУ подводных лодок достаточно низкий и на номинальном режиме не превышает 20%. Поэтому колоссальная часть вырабатываемой ядерным реактором тепловой энергии теряется в заборной воде и идет к ее нагреву вблизи АПЛ. Изложенный метод определения перепада температур в кильватерной струе и окружающей морской воде в виде математических зависимостей для анализа характеристик затопленной струи решается аналитически с некоторыми приближениями, в частности рассматривается стационарное автомоделное течение. Другой способ решения поставленной задачи — это решение с использованием программного комплекса Ansys Fluent на суперкомпьютере. Поэтому полученные уравнения решались численно с использованием приближенных зависимостей для конвективного теплообмена закрученной кильватерной струи и окружающей массы заборной воды. Из приведенных расчетных материалов следует, что с увеличением скорости подводного объекта на маломощном ходу растет и длина кильватерного теплового следа. Особенно заметно это проявляется, начиная со скорости подводного хода 7 уз. Вместе с длиной теплового кильватерного следа увеличивается и время до выравнивания температур в струе и окружающей заборной воде, когда $\Delta T=0$. Причем температура заборной воды, хотя и влияет на длину кильватерной струи, однако не так заметно, как скорость подводного хода АПЛ.

24.03-01.90 О возможностях численного определения характеристик отражения звука объектами конечных размеров. Ильменков С.Л. Морской вестник. 2024, № 1, с. 109-111. Рус.

В условиях современной морской деятельности актуальной задачей является развитие методов обнаружения подводных объектов различной природы: рыбных косяков, подводных аппаратов, пловцов и т.п. Эти методы могут служить основой для совершенствования технологий защиты судов, акваторий, береговых сооружений от несанкционированного проникновения. Физическая основа таких методов — решения задач рассеяния звука на телах различных форм и параметров. Строгие аналитические методы решения подобных задач возможны лишь для тел простейших геометрических форм и связаны со значительными математическими и вычислительными трудностями. Реальные рассеиватели имеют в общем случае неаналитическую форму поверхности, которая не может быть отнесена к разряду координатных систем с разделяющимися переменными в уравнении Гельмгольца. Для таких объектов целесообразно применение численных подходов, позволяющих строить приближенные решения с учетом реальных свойств материалов тел и окружающей среды. При решении задач дифракции на упругих телах значительное внимание уделяется тонким упругим цилиндрическим оболочкам как эффективным рассеивателям звука в диапазонах низких и средних звуковых частот. Резонансы отраженных сигналов в этом случае определяются частотой падающей звуковой волны, параметрами жидкой среды и характеристиками объекта. Результаты исследования влияния этих параметров на характеристики отраженного сигнала могут быть использованы, в частности, для идентификации конкретных объектов. В данной статье представлены возможности применения двух из указанных методов (функций Грина и граничных элементов) для рассеивателя неаналитической формы в виде кругового цилиндра (сплошного или полого) конечной длины L , ограниченного по торцам полусферами радиуса a . Такая форма поверхности является весьма типичной для многих реальных технических объектов, в частности, подводных аппаратов. Результаты выполненных в данной статье расчетов характеристик рассеяния для тел с неаналитической формой поверхности демонстрируют свою эффективность и приемлемую для практики точность разработанного численного алгоритма. Дальнейшее развитие и совершенствование рассматриваемого подхода может происходить как в направлении расширения частотного диапазона исследований в сторону более высоких значений волновых размеров, так и применительно к более слож-

ным упругим структурам и оболочечным конструкциям.

24.03-01.91 Автоволновая механика пластичности металлов. *Зуев Л.Б., Баранникова С.А. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика.* 2019, № 1, с. 50-64. Рус.

Предложена модель развития локализованного пластического течения твердых тел, основанная на представлениях о взаимодействии носителей пластичности и сигналов акустической эмиссии, возникающих при развитии элементарных актов пластичности. Экспериментально показано, что локализация пластического течения является общим признаком всех деформационных процессов и может наблюдаться на всем протяжении процесса от предела текучести до формирования шейки. Специфические картины макроскопической локализации деформации — паттерны локализованного пластического течения — являются автоволнами, которые генерируются в деформируемой среде за счет упорядочения ее дефектной структуры. Паттерны локализованной пластичности коррелируют со стадиями деформационного упрочнения, выявляемыми при механических испытаниях металлов и сплавов. Предложена и проанализирована двухкомпонентная модель развития локализованной деформации, учитывающая взаимодействие упругой и пластической компонент деформации. В рамках этой модели описана генерация автоволн локализованной пластической деформации в ряде материалов. Установлены общие закономерности развития локализованного пластического течения на разных стадиях деформационного упрочнения. Введен упругопластический инвариант деформации, устанавливающий взаимосвязь между упругими и пластическими свойствами материалов. Показано, что основные свойства деформируемых сред являются следствиями такого инварианта. В частности, следствиями из упругопластического инварианта деформации являются: зависимость скорости распространения автоволн локализованной пластической деформации от коэффициента деформационного упрочнения, дисперсионное уравнение для автоволн, масштабный эффект локализации пластической деформации, зависимость автоволновых параметров от размера зерна, уравнение автоволн локализованной деформации, коэффициент деформационного упрочнения, уравнение дислокационной динамики Тейлора—Орована, соотношение Холла—Петча, зависимость плотности подвижных дислокаций от деформации.

См. также **24.03-01.51**, **24.03-01.68**

Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

24.03-01.92 Динамика двухфазной системы во вращающейся цилиндрической полости при поперечных вибрациях. *Карпунин И.Э., Козлов В.Г., Козлов Н.В. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премнум-принт». 2018, с. 85-88. Рус.*

24.03-01.93 Исследование гидродинамики около длинных тонких балок, совершающих резонансные колебания в вязкой несжимаемой жидкости. *Нуриев А.Н., Камалутдинов А.М. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премнум-принт». 2018, с. 131-133. Рус.*

24.03-01.94 Колебания структурно-неоднородной механической системы с конечным числом степеней свободы. *Сафаров И.И., Тешаев М.Х., Аблюкулов Ш. Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04—13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 274-276. Рус.*

24.03-01.95 К решению задачи изгиба прямоугольной защемленной по контуру пластины методом С.П. Тимошенко. *Сейранян С.П. Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04—13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 276-*

279. Рус.

24.03-01.96 3D НЧИ — компактные низкочастотные гидроакустические излучатели со сложной формой излучающей оболочки. *Бритенков А.К., Травин Р.В., Норкин М.С., Фарфель В.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 379-384. Рус.*

Динамичное развитие подводных средств связи, мониторинга и телеуправления в первую очередь, связано с миниатюризацией гидроакустических устройств и повышением эффективности гидроакустических преобразователей. Однако из-за физических и технических ограничений компактные преобразователи, излучающие высокие уровни акустической мощности, сложны для расчётов и изготовления. Для низкочастотных диапазонов наибольшая технологичность при компактных габаритах сочетается с высокой эффективностью в пьезоэлектрических преобразователях продольно-изгибного типа. Эффективным способом снижения поперечной жесткости корпуса в таких преобразователях является гофрирование излучающей оболочки, что обеспечивает надежную герметизацию, повышает эффективную площадь излучающей поверхности и увеличивает ресурс изделия. Гидроакустические излучатели с цельнометаллическими корпусами (3D НЧИ) из титана при компактных размерах активного элемента и корпуса (до 10 см) обладают рядом преимуществ по сравнению с аналогичными изделиями. В работе приведены результаты измерений электроакустических характеристик двух 3D НЧИ, имеющих незначительные различия геометрии и размеров корпусов и одинаковые активные элементы, каждый из которых собран из 8 пьезокерамических колец $34 \times 14 \times 7$ мм. Натурные испытания позволяют говорить о перспективности конструкции таких 3D НЧИ, так как для своих размеров и диапазона частот (резонанс около 1.6 кГц, ширина основной полосы частот до 16%) излучатели обладают КПД более 80% и чувствительностью 1.6—1.7 Па·м/В.

24.03-01.97 Сравнительное исследование эффективности защитных свойств конструкций антивибрационных рукавиц и перчаток. *Смирнов В.В., Сятковский А.И., Ходжян В.А., Хлопков Е.А., Вьюненко Ю.Н. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1102-1107. Рус.*

В настоящее время существует актуальная проблема защиты от вибрации работников предприятий и операторов сложных технических систем. В определенной степени она может быть решена применением средств индивидуальной защиты (СИЗ) от вибрации. В данной работе продолжается сравнительное исследование конструкций антивибрационных перчаток и рукавиц, изготовленных из различных материалов. Сравнительные испытания проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.002-97. Эффективность СИЗ обеспечивают поролоновые, трубчатые, гелевые, пенополиэтиленовые, резиновые, неопреновые и комбинированные антивибрационные элементы (АВЭ). В конструкции комбинированных АВЭ использовали вязкие вибропоглощающие пленки в сочетании с упругими элементами из материала с закрытой пористостью. Приведены данные эффективности защитных свойств антивибрационных перчаток с неопреновыми покрытиями.

24.03-01.98 Вибродемпфирующие покрытия и слоистые материалы на основе полимерных пленок со сверхвысокими диссипативными свойствами. *Скобля Е.С., Скуратова Т.Б., Сятковский А.И. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1108. Рус.*

Одной из наиболее эффективных технологий вибродемпфирования является использование армированных и слоистых композиционных материалов, в которых вязкоупругие полимерные слои распределены между жесткими упругими слоями металлов или жестких пластмасс. Жесткие слои, изготавливаемые из конструкционных материалов, воспринимают силовые воздействия, в то время как мягкие слои из вязкоупругих полимеров обеспечивают диссипацию энергии за счет сдвиговых деформаций, возникающих при изгибных колебаниях в компо-

зитной структуре. Учитывая разнообразие конструкций и широкий спектр условий эксплуатации, при которых необходимо обеспечить вибродемпфирование актуальной является разработка марочного ассортимента пленочных вибропоглощающих полимерных материалов. Разработана линейка тонких пленочных термопластичных материалов на основе ПВА и ПБМА, обладающих существенно большими по сравнению с существующими материалами, коэффициентами потерь колебательной энергии в рабочем интервале температур $-15-70^{\circ}\text{C}$ и в широком диапазоне частот $1-10000$ Гц. В работе приводятся примеры использования указанных материалов для разработки высокоэффективных демпфирующих покрытий, минимизированных по габаритным и весовым характеристикам. В многослойных структурах с внутренним вязкоупругим слоем и внешними жесткими слоями высокоэффективное демпфирование достигается в относительно узком диапазоне частот и температур. Этот эффект, обусловленный физико-химическими свойствами высокомолекулярных полимеров, является принципиальным недостатком рассматриваемого способа демпфирования, и поиск путей его преодоления является одной из основных проблем. В работе приводятся экспериментальные данные, показывающие возможность преодоления этого недостатка за счет оптимизации геометрии всей конфигурации. Наиболее перспективным направлением создания вибродемпфирующих материалов является разработка новых многослойных конструктивных композитных материалов с интегрированными внутренними вибропоглощающими слоями. В работе приведены данные по изготовлению и исследованию динамических свойств модифицированных многослойных композитных материалов, полученных путем интегрирования во внутреннюю структуру многослойного композита «Слопаст ТГ», тонких, термопластичных вибропоглощающих пленок на основе ПВА.

24.03-01.99 Влияние вибрации на технологические и геометрические параметры насадочной абсорбционной колонны. Голованчиков А.Б., Меренцов Н.А., Чурикова В.И., Залипаев П.П. *Экологические системы и приборы*. 2024, № 3, с. 14-22. Рус.

Приводится сравнение технологических и геометрических параметров насадочной абсорбционной колонны, рассчитанных по типовому алгоритму и алгоритму, учитывающему амплитуду и частоту колебаний виброгенератора. Влияние вибрации учитывается добавлением скорости колебаний в общее уравнение скорости потока очищаемого воздуха. На примере расчета малогабаритного абсорбера, устанавливаемого на очистных сооружениях — вентиляционных колодцах сточных вод при очистке воздуха от сероводорода, влияние вибрации дает возможность уменьшать высоту насадки более чем в 2 раза. Ключевые слова: абсорбция, кольца Рашига, вибрация, амплитуда, частота, сероводород, скорость, моноэтаноламин, расход, диаметр, высота, объем насадки.

24.03-01.100 Задача о двумерных колебаниях струны. Зверева М.Б. *Дифференциальные уравнения*. 2023. 59, № 8, с. 1046-1056. Рус.

Исследована модель малых пространственных поперечных колебаний струны, когда отклонение любой её точки от положения равновесия характеризуется двумя координатами. При этом предполагается, что в процессе колебаний один из концов струны находится внутри ограниченного, замкнутого, выпуклого множества S , принадлежащего плоскости π , перпендикулярной к отрезку, вдоль которого натянута струна. В свою очередь, множество S может перемещаться в плоскости π , его движение задано отображением $C(t)$. Пока конец струны не соприкоснулся с границей множества $C(t)$, он остаётся свободным. При соприкосновении начинается их совместное перемещение. Получена формула представления решения начально-краевой задачи, описывающей этот колебательный процесс. Рассмотрена задача граничного управления колебательным процессом.

24.03-01.101 Об условиях оптимальности задачи минимизации веса оболочки вращения при заданной частоте колебаний. Арабян М.О. *Дифференциальные уравнения*. 2023. 59, № 9, с. 1266-1272. Рус.

Рассматриваются пологие упругие оболочки с заданной круговой границей. Ищется осесимметричная форма оболочки, ко-

торая минимизирует вес при заданной основной частоте колебаний оболочки. С помощью полученной формулы для линейной части приращения частотного функционала оценивается кратность минимальной собственной частоты колебаний оболочки. Устанавливается также дифференцируемость по Фреше частотного функционала и получаются условия оптимальности минимизации веса оболочки при заданной основной частоте колебаний.

24.03-01.102 Частоты собственных колебаний призматических тонких оболочек. Дзедзисавили Г.Т., Смирнов А.Л., Филиппов С.Б. *Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика*. 2024. 24, № 1, с. 49-56. Рус.

Рассмотрены собственные частоты призматических тонких оболочек, поперечное сечение которых представляет собой правильный многоугольник. Проанализированы спектры частот свободных колебаний таких оболочек при увеличении числа сторон сечения при условии сохранения периметра. Сопоставляются фундаментальные частоты призматической оболочки правильного многоугольного сечения и круглой цилиндрической оболочки. Для малого и большого числа сторон многоугольника аналитические и асимптотические решения сравниваются с численными решениями с помощью метода конечных элементов (COMSOL). Сходимость численного метода исследована для призматической оболочки с большим числом граней.

24.03-01.103 Собственные колебания композитных эллиптических цилиндрических оболочек с жидкостью. Лекомцев С.В., Матвеев В.П. *Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика*. 2024. 24, № 1, с. 71-85. Рус.

В аэрокосмической промышленности часто применяются цилиндрические оболочки с эллиптическим профилем, которые изготавливаются из композиционного материала методом наматки. В процессе производства или эксплуатации конструкции существует вероятность возникновения несовершенства формы в виде отклонения от кругового поперечного сечения. Анализ колебаний таких изделий, содержащих внутри себя жидкость, требует тщательного изучения с целью определения эксплуатационных характеристик, влияющих на их жизненный цикл. В статье сформулирована математическая постановка и представлен соответствующий ей конечно-элементный алгоритм, предназначенные для определения собственных частот колебаний слоистых композитных эллиптических цилиндрических оболочек, наполненных жидкостью. Решение задачи осуществляется в трехмерной постановке методом конечных элементов. Криволинейная поверхность оболочки представляется в виде совокупности плоских четырехугольных сегментов, в каждом из которых выполняются соотношения классической теории слоистых пластин. Мембранные перемещения описываются с использованием билинейных функций формы Лагранжа. Прогиб в направлении нормали к боковой поверхности и углы поворота аппроксимируются несовместными кубическими полиномами Эрмита. Малые колебания идеальной сжимаемой жидкости описываются в рамках акустического приближения волновым уравнением относительно гидродинамического давления, которое вместе с граничными условиями и условием непроницаемости на смоченной поверхности преобразуется к слабой форме. Верификация разработанного численного алгоритма осуществлена путем сравнения полученных собственных частот колебаний с известными данными, представленными в литературе для круговых цилиндрических оболочек с разными схемами укладки слоистого композиционного материала. В примерах оценено влияние геометрических размеров конструкции, граничных условий на ее краях и отношения полюсов эллипса. Получены новые количественные и качественные закономерности, показана возможность управления собственными частотами колебаний за счет подбора параметров композиционного материала.

24.03-01.104 О влиянии поверхностных напряжений и инерции на собственные низкочастотные колебания упругой ультратонкой полусосы-балки. Михасев Г.И., Ле Н.Д. *Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика*. 2024. 24, № 1, с. 86-96. Рус.

Выведено дифференциальное уравнение, описывающее свободные длинноволновые колебания низкоразмерной упругой изотропной полосы-балки с учетом эффектов на свободных поверхностях. Граничные условия на внешних поверхностях формулируются в рамках теории упругости Гуртина—Мурдоха, которая учитывает поверхностные инерцию и касательные напряжения, включая остаточные. Вводятся дополнительные геометрические размеры, ассоциированные с лицевыми поверхностями, которые предполагаются малыми по сравнению с основным геометрическим размером — длиной волны. В качестве основного малого параметра рассматривается отношение толщины ультратонкой полосы к длине волны изгибных колебаний. Методом асимптотического интегрирования двухмерных уравнений теории упругости по толщине полосы-балки в явном виде получены соотношения для перемещений и напряжений в объеме полосы. Основным результатом работы является дифференциальное уравнение низкочастотных колебаний балки, которое учитывает поверхностные эффекты и обобщает хорошо известные уравнения теории балок. Показано, что наличие поверхностных напряжений приводит к увеличению собственных частот из нижнего спектра, в то время как учет поверхностной инерции, равно как и поперечных сдвигов в объеме, влечет снижение частот.

24.03-01.105 Вынужденные колебания трехслойной пластины в нестационарном температурном поле. Старовойтов Э.И., Леоненко Д.В. Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2024. 24, № 1, с. 123-137. Рус.

Исследовано влияние теплового потока постоянной интенсивности на вынужденные колебания круговой трехслойной несимметричной по толщине пластины, теплоизолированной по контуру и нижней плоскости. Использовано приближенное решение задачи теплопроводности, полученное с помощью усреднения теплофизических характеристик материалов слоев по толщине пакета. Нестационарное температурное поле неоднородно по толщине пластины. Согласно гипотезе Неймана, свободные колебания пластины, вызванные мгновенным падением теплового потока, суммируются с вынужденными колебаниями от силовой нагрузки. Деформирование пакета пластины соответствует гипотезе ломаной линии. В относительно тонких внешних несущих слоях справедливой гипотезы Кирхгофа. В несжимаемом по толщине, достаточно толстом заполнителе деформированная нормаль сохраняет прямолинейность и длину, но поворачивается на дополнительный угол. Постановка соответствующей начально-краевой задачи включает уравнения движения, полученные при помощи принципа Даламбера и вариационного метода Лагранжа. Начальные условия приняты однородными, контур пластины шарнирно оперт. Аналитическое решение неоднородной системы дифференциальных уравнений в частных производных получено с помощью метода разложения в ряд по системе собственных ортонормированных функций. В результате выписаны аналитические выражения для трех искомых функций — прогиба пластины, сдвига и радиального перемещения в заполнителе. Рассмотрен пример колебаний под действием мгновенно приложенной, равномерно распределенной нагрузки. Приведен числовой параметрический анализ частот собственных колебаний и полученного решения в зависимости от интенсивности теплового потока для пластины со слоями: титановый сплав, фторопласт-4, дюралюминий.

24.03-01.106 Асимптотический анализ свободных колебаний цилиндрической оболочки, сопряженной с кольцевыми пластинами. Филиппов С.Б., Козлова А.С. Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2024. 24, № 1, с. 138-149. Рус.

Низшие частоты и формы колебаний замкнутой круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной кольцевыми пластинами, найдены с помощью асимптотических методов. Проанализированы два основных типа колебаний, соответствующих узким и широким пластинам. Если ширина кольца является достаточно малой, то формы колебаний подкрепленной оболочки подобны формам колебаний гладкой оболочки. Для широких пластин формы колебаний локализованы на поверхности пластин, в то время как оболочка почти не деформируется. В обоих случаях решение краевой задачи ищется в виде суммы

основного состояния и краевых эффектов. Для узких пластин в первом приближении получается задача о колебаниях балки, подкрепленной пружинами. Для широких пластин краевая задача сводится к задаче о колебаниях кольцевой пластины.

24.03-01.107 Влияние технологии поверхностного пластического упрочнения, остаточных напряжений и граничных условий на выпучивание балки. Радченко В.П., Афанасьева О.С., Глебов В.Е. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2020, № 1, с. 87-98. Рус.

Выполнено комплексное исследование влияния технологии поверхностного пластического упрочнения, остаточных напряжений и граничных условий на выпучивание упрочненной балки из сплава ЭП 742. Приведена феноменологическая методика реконструкции полей остаточных напряжений и пластических деформаций, выполнена ее экспериментальная проверка в частном случае ультразвукового упрочнения. Наблюдается соответствие расчетных и экспериментальных данных для остаточных напряжений. Для оценки влияния сформированных остаточных напряжений на выпучивание балки использован метод расчета по первоначальным деформациям на основании использования аналогии между первоначальными (остаточными) пластическими деформациями и температурными деформациями в неоднородном температурном поле. Это позволило свести рассмотрение задачи к задаче термоупругости, которая в дальнейшем решалась численными методами. Детально исследовано влияние четырех типов граничных условий закрепления торцов балки (жесткое закрепление торцов и шарнирное опирание ребер в различных сочетаниях, консоль) на форму и величину изгиба балки $10 \times 10 \times 100$ мм после ультразвукового упрочнения. Установлено, что минимальная величина прогиба наблюдается при жесткой заделке обоих торцов балки. Исследовано влияние толщины балки, которая изменялась от 2 до 10 мм, на ее выпучивание при одинаковом распределении остаточных напряжений в упрочненном слое и установлен нелинейный характер возрастания стрелы прогиба с уменьшением толщины для всех типов граничных условий. Показано, что при всех граничных условиях кривизна по длине балки практически не изменяется, поэтому ее можно считать постоянной. Следствием этого является сохранение гипотезы плоских сечений и после процедуры упрочнения, что подтверждается рассчитанным профилем сечения балки в плоскости симметрии, близким к прямой линии. Установлено существенное влияние анизотропии поверхностного пластического упрочнения на выпучивание балки, что может служить основой для выбора оптимальной процедуры упрочнения. Выполненный параметрический анализ поставленной задачи представлен в форме графической и табличной информации о результатах расчетов.

24.03-01.108 Совместная идентификация механических характеристик функционально-градиентных пластин в рамках моделей Кирхгофа и Тимошенко. Богачев И.В. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2021, № 4, с. 19-28. Рус.

Представлены модели деформирования функционально-градиентных круглых пластин в рамках гипотез Кирхгофа и Тимошенко. На основе ранее полученных с помощью вариационного принципа Гамильтона—Остроградского уравнений колебаний и граничных условий выписаны постановки задач в цилиндрической системе координат, учитывающие переменность функций цилиндрической жесткости и плотности по радиальной координате, что позволяет рассматривать пластины из функционально-градиентных материалов. Пластины считались жестко заземленными по краю, рассматривался случай установившихся колебаний, вызванных нагрузкой, приложенной к поверхности. Построена схема решения прямых задач расчета колебаний пластин, основанная на методе Галеркина. С ее помощью был проведен анализ влияния функций цилиндрической жесткости и плотности на амплитудно-частотные характеристики (АЧХ, акустический отклик), который выявил, что обе функции существенно влияют на АЧХ, причем наибольшее влияние наблюдается в окрестности резонансных частот. Результаты анализа позволили сформулировать постановки новых обратных задач совместной идентификации функций

цилиндрической жесткости и плотности неоднородной круглой пластины по дополнительной информации об акустическом отклике для обеих гипотез. Для их решения построена специальная проекционная методика, основанная на разложении неизвестных функций механических характеристик, а также динамических величин (функций прогиба и угла поворота нормали) по некоторым системам линейно независимых функций, удовлетворяющих граничным условиям. Коэффициенты этих разложений определяются из решения специальных систем линейных и нелинейных уравнений, полученных из формулированных слабых постановок обеих задач. В результате удалось провести совместную идентификацию искоемых характеристик в заданных классах функций. Результаты идентификации проиллюстрированы набором вычислительных экспериментов для различных функций.

24.03-01.109 Верификация одномерной компьютерной модели продольно-поперечных колебаний ствола артиллерийского орудия при выстреле. *Клюкин Д.А., Русаяк И.Г., Суфьянов В.Г. Вестн. Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2023, № 86, с. 79-93. Рус.*

Представлены результаты верификации компьютерной одномерной математической модели продольно-поперечных колебаний ствола артиллерийского орудия при нагружении внутренним давлением и тепловым воздействием пороховых газов на основе сравнения с решением задачи, полученным в трехмерной постановке. В математической модели учитывались сила тяжести, неравномерное тепловое нагружение и распределение давления по длине ствола в процессе выстрела. Проведено сравнение результатов одномерного и трехмерного моделирования колебаний цилиндрического ствола переменного кольцевого сечения, цилиндрического ствола переменного кольцевого сечения с учетом технологических отклонений изготовления ствола и ствола с ребрами жесткости. Сравнение показало, что одномерная модель позволяет достаточно точно воспроизводить процесс колебаний ствола, отклонения от результатов моделирования в трехмерной постановке составили от 2,9 до 12,5%. При этом время расчета колебаний ствола сокращается существенно, на 4–5 порядков.

24.03-01.110 Динамическое поведение балки, лежащей на вязкоупругом двухпараметрическом основании и несущей движущуюся нагрузку. *Ерофеев В.И., Лисенкова Е.Е. Известия вузов. Радиофизика. 2023, 66, № 10, с. 797-805. Рус.*

Рассматривается динамическое поведение балки с движущейся нагрузкой и лежащей на деформируемом основании, характеризующимся двумя коэффициентами постели с учётом диссипативных потерь. Поставлена самосогласованная краевая задача, корректно учитывающая силы взаимодействия в движущемся контакте. Изучаются особенности генерации изгибных волн источником колебаний нулевой частоты. Определены критические скорости движения источника. В случае малой вязкости критические скорости не зависят от диссипативных потерь в основании и определяются физико-механическими свойствами балки и коэффициентами постели. Получено выражение для силы, обусловленной давлением волн (силы сопротивления движению). Исследуется зависимость постоянной составляющей этой силы от скорости движения объекта, упругих и вязких параметров основания. Проведён расчёт энергозатрат источника, обеспечивающего движение объекта с постоянной скоростью. При движении нагрузки со скоростью, не превышающей минимальную фазовую скорость распространения изгибных волн в балке, сила сопротивления движению и энергозатраты равны нулю и отличны от нуля при наличии диссипативных потерь в деформируемом основании. Приводится сравнение с результатами, полученными для однопараметрического упругого основания модели Фусса–Винклера.

24.03-01.111 Колебания стенки канала на нелинейно-упругом подвесе под воздействием пульсирующего слоя вязкого газа, находящегося в канале. *Попов В.С., Могилевич Л.И., Попова А.А. Известия вузов. Радиофизика. 2023, 66, № 10, с. 821-834. Рус.*

Рассматриваются аэроупругие колебания жёсткой стенки узкого канала, имеющей упругий подвес с жёсткой кубической

нелинейностью и взаимодействующей с пульсирующим слоем вязкого газа в канале. Исследование проводится на основе приведения связанной краевой задачи математической физики, включающей уравнения динамики вязкого газа и твёрдой стенки, а также соответствующих краевых условий, к уравнению осциллятора Дуффинга. Первоначально сформулирована задача аэроупругих колебаний стенки рассматриваемого канала и проведён её асимптотический анализ методом возмущений. В результате осуществлена линеаризация уравнений динамики вязкого сжимаемого газа, решение которых найдено методом итерации. Определена реакция газа, действующая на жёсткую стенку, и получено уравнение для аэроупругих колебаний стенки канала, которое представляет собой обобщённое уравнение осциллятора Дуффинга. На базе решения данного уравнения методом гармонического баланса определены и исследованы нелинейная аэроупругая реакция стенки канала и её фазовый сдвиг. Показано, что учёт сжимаемости вязкого газа приводит к возрастанию резонансных частот, увеличению амплитуд колебаний стенки и дополнительному фазовому сдвигу возмущающей силы, определяемой заданным законом пульсации давления на торцах канала.

24.03-01.112 Математическое моделирование собственных колебаний пологой оболочки с присоединённым осциллятором. *Коростелева Д.М., Соловьев С.И. Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки. 2024, 165, № 2, с. 153-166. Рус.*

Для задачи о собственных колебаниях пологой оболочки с присоединённым осциллятором предложена новая симметричная вариационная постановка в гильбертовом пространстве. Установлено существование последовательности конечнократных положительных собственных значений с предельной точкой на бесконечности и соответствующей полной ортонормированной системы собственных векторов. Задача приближена сеточной схемой метода конечных элементов с эрмитовыми конечными элементами. Доказаны теоретические оценки погрешности приближённых решений. Приведены результаты вычислительных экспериментов, подтверждающие теоретические выводы.

24.03-01.113 Модель влияния дефекта каната на спектр его свободных поперечных колебаний. *Мурашов К.Р., Шаропина И.А., Бевзюк И.С., Соколов Р.А., Протопопов В.В. Дефектоскопия. 2023, № 11, с. 60-62. Рус.*

Ранее была обоснована возможность диагностирования дефекта стального каната по спектральному составу его свободных поперечных колебаний. В настоящей работе предложена аналитическая модель поперечных колебаний стального каната, имеющего локальное повреждение. Наличие дефекта в модели учитывается только в виде убыли изгибной жесткости соответствующего участка без изменения удельной по длине массы. Модель представляет собой три «сшитых» друг с другом однородных участка каната, где средний представляет собой дефектный участок с меньшим значением изгибной жесткости. Согласно модельным расчетам показано, что характер зависимости собственных частот колебаний от их номера практически не изменяется при наличии дефекта. Однако его наличие и расположение влияет на соотношение амплитуд колебаний неповрежденных участков, что можно использовать для мониторинга состояния каната.

24.03-01.114 Моделирование нелинейных крутильных колебаний усеченного конического стержня. *Худойназаров Х.Х. Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2023, 27, № 4, с. 704-722. Рус.*

Разработана нелинейная математическая модель нестационарных крутильных колебаний усеченного конического стержня из упругого материала с учетом нелинейной связи между напряжениями и деформациями. Выведено нелинейное уравнение для крутильных колебаний усеченного конического стержня относительно главной части крутильного перемещения оси симметрии стержня. Показано, что полученное уравнение нелинейных крутильных колебаний усеченного конического упругого стержня в частных случаях совпадает с известными уравнениями, полученными другими авторами. С помощью полу-

ченного уравнения можно однозначно определить напряженно-деформированное состояние произвольного сечения конического стержня по пространственной координате и времени. На основе построенной модели численно решена задача о нестационарных крутильных колебаниях усеченного конического стержня при действии торцевой и поверхностной динамических нагрузок в условиях, когда широкий конец стержня жестко заделан, а узкий является свободным.

См. также 24.03-01.15, 24.03-01.27, 24.03-01.30, 24.03-01.39, 24.03-01.55

Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

24.03-01.115 3D исследование турбулентного морского экмановского слоя. 3D investigation of the turbulent marine Ekman layer. *Fraunie P., Aldebert C., Devenon J.L., Bourras D., Sentshev A., Shrivra V.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 9–10. Англ.

24.03-01.116 Циркуляционные структуры и транспорт аэрозолей в атмосферном пограничном слое. *Вазяева Н.В., Барсков К.В., Козлов Ф.А.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 27–29. Рус.

24.03-01.117 Взаимодействие акустических волн со средой, содержащая слой многофракционной пузырьковой жидкости. *Гафиятов Р.Н.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 38–41. Рус.

Представлен обзор работ по распространению волн в жидкостях с пузырьками постоянной массы и работ по волновой динамике жидкостей, содержащих пузырьки пара или растворимого газа. В данной работе исследуется отражение и прохождение акустической волны через многофазный объект, содержащий слой многофракционной пузырьковой жидкости.

24.03-01.118 Отражение акустических волн от границы многофракционной полидисперсной газозвеси. *Губайдуллин Д.А., Зарипов Р.Р.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 46–49. Рус.

Исследование отражения волн от границы или слоя многофракционной среды актуально. Слой загрязненного тумана, который встречается в природе, является одним из примеров многофракционной газозвеси. Такая среда является неоднородной и может использоваться в качестве скрывают объектов от радаров. Особенности динамики многофазных сред представлены в известных монографиях. Распространение акустических волн в многофракционных газозвесах, где каждая фракция является монодисперсной рассмотрено ранее. Ранее же рассмотрены задачи об отражении акустической волны от границы монодисперсной газозвеси. Однако, в реальных средах частицы могут быть разных размеров и материалов. Учет полидисперсности включений на распространение акустических волн также были рассмотрены ранее. В данной работе проведено исследование отражения акустической волны от границы многофракционной газозвеси с полидисперсными включениями.

24.03-01.119 Взаимодействие акустических волн со слоем пузырьковой жидкости с неравномерным пространственным распределением пузырьков. *Губайдуллин Д.А., Никифоров А.А.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 49–52. Рус.

24.03-01.120 Сепарация частиц по их радиусу и по плотности материала в стоячей синусоидальной волне. *Губайдуллин Д.А., Осипов П.П., Насыров Р.Р.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и

вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 52–54. Рус.

24.03-01.121 Влияние вибраций на тепловую конвекцию в коаксиальном зазоре с внутренним подогревом. *Козлов Н.В.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 90–93. Рус.

24.03-01.122 Об управлении конвекцией в условиях микрогравитации. *Левецкий В.В., Байдулов В.Г.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 105–107. Рус.

24.03-01.123 Режимы течений стратифицированной вязкой жидкости около диска. *Матюшин П.В.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 114–117. Рус.

24.03-01.124 О дрейфовом течении, вызванном волновым возмущением поверхности тангенциального разрыва поля скоростей. *Очиров А.А., Белоножко Д.Ф.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 133–135. Рус.

24.03-01.125 О волновом движении в стратифицированной жидкости конечной глубины. *Ширяев А.А.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 180–182. Рус.

24.03-01.126 Акустика вязкоупругой среды с покрытыми оболочкой включениями. *Федоров Ю.В.* Актуальные проблемы прикладной математики и механики. Тезисы докладов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федерального университета. Абрау-Дюрсо, 01–06 сентября 2020 г. Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского. 2020, с. 77–78. Рус.

24.03-01.127 Исследование влияния толщины и пористости упругих слоев на возбуждаемые высшие моды для задач ультразвуковой диагностики многослойных структур. *Фоменко С.И., Мяхишева О.А., Глушков Е.В., Глушкова Н.В.* Актуальные проблемы прикладной математики и механики. Тезисы докладов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федерального университета. Абрау-Дюрсо, 01–06 сентября 2020 г. Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского. 2020, с. 79–80. Рус.

24.03-01.128 Прохождение акустической волны через движущийся слой многофракционной жидкости с пузырьками. *Гафиятов Р.Н.* Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 331–333. Рус.

24.03-01.129 Акустика вязкоупругой среды с покрытыми оболочкой каплями жидкости. *Федоров Ю.В.* Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 468–470. Рус.

24.03-01.130 Численное исследование регенерирующего эффекта акустического воздействия на костные ткани. *Еремича Г.М., Смолин А.Ю., Еремич М.О.* Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 538–541. Рус.

24.03-01.131 Численное решение уравнения Вестервельта с помощью графических ускорителей для описания интенсивных ультразвуковых пучков в ударно-

волновых режимах. **Коннова Е.О., Хожлова В.А., Юлдашев П.В.** Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 26–31. Рус.

Задача моделирования мощных фокусированных пучков актуальна во многих областях, например, при проектировании мощных ультразвуковых преобразователей медицинского назначения и планировании терапевтического воздействия. В качестве теоретической модели для решения подобных задач часто используется однонаправленное нелинейное уравнение Вестерверльта. Физические параметры данной задачи для ударно-волнового воздействия, такие как малый размер фокальной области (около миллиметра), большой волновой размер излучателей (около сотни длин волн), а также необходимость учета большого числа гармоник (до 1000), приводят к значительным временным затратам (до нескольких суток) при реализации вычислений на центральном процессоре (CPU) персональных компьютеров (ПК). Ранее для решения трехмерной нелинейной задачи с использованием графического процессора (GPU) был разработан алгоритм распараллеливания по пространственным координатам для вычисления оператора дифракции методом углового спектра, оператора нелинейности с помощью метода Рунге–Кутты четвертого порядка и оператора поглощения. Реализация нелинейного оператора является неэффективной в случае разрывных решений, т.к. число вычислительных операций растет пропорционально квадрату числа гармоник. Целью данной работы было оптимизировать моделирование трехмерного волнового пучка в ударно-волновых режимах фокусировки на основе уравнения Вестерверльта, где оператор нелинейности вычислялся методом Годунова, на графическом процессоре, что позволит ускорить расчеты на GPU в несколько раз по сравнению с алгоритмом, основанном на спектральном методе, для GPU.

24.03-01.132 Численное решение прямых задач сейсморазведки в условиях вечной мерзлоты. Гусева Е.К., Голубев В.И., Муратов М.В., Петров И.Б. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 61–66. Рус.

Сегодня богатый углеводородами Арктический регион вызывает всё больше интереса у исследователей. Ежегодно добываются значительные запасы нефти и газа, обнаруживаются новые залежи. Стандартным методом получения информации о структуре подповерхностного пространства и залежах полезных ископаемых является сейсморазведка. Однако, северный регион имеет свою специфику, заключающуюся в наличии пластов многолетней мерзлоты, которые могут содержать ледовые включения. В работе изучаются процессы распространения сейсмических волн сквозь мёрзлый грунт. В работе рассмотрены двумерные постановки задач с криволинейными границами между отдельными слоями модели, включающие: ледовый слой, ледовые резервуары, а также резервуар с метаном. Была построена шельфовая модель, основанная на добавлении водного слоя. Для описания динамической задачи использовалась определяющая система уравнений линейной теории упругости. Её численное решение строилось с помощью сеточно-характеристического метода на структурированных сетках. Рассматривалась задача с точечным источником сигнала в виде импульса Рикера с частотой 30 Гц. Его пространственное положение варьировалось: в слое вечной мерзлоты, у поверхности воды, на морском дне. Результатами проведённых расчётов являются волновые картины в последовательные моменты времени.

24.03-01.133 Процессы медленной релаксации в гетерогенных средах: от микроскопических флуктуаций к макроскопической релаксации. Лебедев А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 79–84. Рус.

Медленная релаксация модулей упругости с типичной логарифмической временной зависимостью наблюдается во многих средах, представляющих интерес для материаловедения. В представленном сообщении медленная релаксация связывается с флуктуациями на различных масштабах. Первичным ис-

точником процессов медленной релаксации являются процессы случайного блуждания или диффузии на микроскопическом уровне. Часть внутренних связей в результате внешнего воздействия оказываются в метастабильных состояниях, совершая возврат в исходное невозбужденное состояние с преодолением энергетического барьера за счет флуктуаций или малых возмущений статистического равновесия. Если количество возбужденных связей между структурными элементами среды мало по сравнению с общим числом связей (разрушение материала не имеет места), то процесс перехода в невозбужденное состояние можно рассматривать как процесс флуктуации на мезоскопическом масштабе. Усреднение по ансамблю возбужденных состояний отвечает наблюдаемой медленной макроскопической релаксации акустических характеристик материала. Появление логарифмического закона релаксации связано с гладкостью функции распределения энергии барьеров. Полученные результаты указывают на возможность приложения к задачам материаловедения, где требуется детальная информация о характере внутренних связей.

24.03-01.134 Датчики оледенения на основе акустических волн Лэмба. Анисимкин В.И., Воронова Н.В., Кузнецова И.Е., Осипенко В.А., Смирнов А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 599–604. Рус.

На примере монолитной структуры, состоящей из входного и выходного встречно-штыревых преобразователей (период $\lambda=300$ мкм, частота $f=38.4$ МГц), нанесенных на пьезопластину YZ-LiNbO_3 толщиной $h=500$ мкм, и слоистой структуры с двумя встречно-штыревыми преобразователями ($\lambda=200$ мкм, $f=52$ МГц), нанесенными на пьезопленку ZnO ($h=2.3$ мкм) и пластину Si ($h=380$ мкм), экспериментально показано, что с помощью волн Лэмба, имеющих слабые радиационные потери (~ 0.5 дБ/мм), можно осуществлять экспериментальное исследование фазовых переходов жидкость—лед и лед—жидкость. Тестируемая жидкость располагается на структуре в зазоре между преобразователями, и при изменении ее агрегатного состояния приводит к дополнительным потерям акустической волны Лэмба. Причем эти потери не меняются с температурой, зависят от сорта жидкости (льда) и поэтому могут служить акустической характеристической фазового перехода. Так, при скачкообразном охлаждении жидкости от $+20$ до -15°C в течение 22 минут и скачкообразном нагревании жидкости от -15 до $+20^\circ\text{C}$ в течение того же промежутка времени наблюдается резкое увеличение дополнительных потерь, величина которого зависит от жидкости. При плавном уменьшении и плавном увеличении температуры с шагом 1°C вблизи температуры фазовых переходов для некоторых жидкостей те же изменения могут носить гистерезисный характер. Для тяжелой воды, дистиллированной воды и водного раствора NaCl в качестве тестируемых измерены температуры фазовых переходов и величины возникающих акустических потерь. Показано, что плавление льда и затвердевание жидкости всегда сопровождаются одинаковыми уменьшениями и увеличениями потерь на распространение волн Лэмба, но сами переходы для каждой жидкости могут возникать как при одних и тех же (тяжелая вода), так и при разных (дистиллированная вода и водный раствор NaCl) температурах.

24.03-01.135 Упругие волны в анизотропных материалах. Глушков Е.В., Глушкова Н.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 942–946. Рус.

Рассматривается возбуждение и распространение волн в многослойных волноводах с произвольной анизотропией упругих свойств слоев. Используется полуаналитический интегральный подход, в рамках которого выводится интегральное представление решения в виде контурных интегралов обратного преобразования Фурье через матрицу Грина рассматриваемой структуры и параметры источника. Применение к этим интегралам техники разложения по вычetaм и асимптотических методов дает явные физически наглядные представления для возбуждаемых бегущих и объемных волн. Компьютерная реализация данного подхода проведена на основе разработанных малоза-

тратных алгоритмов вычисления Фурье-символа матрицы Грина для анизотропных сред. В качестве иллюстрации приводятся примеры решения обратных задач определения эффективных упругих модулей композитов по данным измерения поверхностных волн.

24.03-01.136 О скорости звука в многофазных системах. On the Sound Speed in Multiphase Systems. *Glodkov S.O. Acoustical Physics*. 2024. 70, № 1, с. 29-34. Англ.

The general dependence of the sound speed has been calculated c_s in a two-phase system, such as liquid+gas and gas+liquid, as a function of the concentration x of an additional phase and thermodynamic parameters of the mixture. It is shown that in limiting cases, when the concentration tends to zero or unity, formulas are obtained whose numerical values agree well with the known values for the sound speed in water and air. This formula is generalized to multicomponent systems. The found functional relationship is illustrated graphically $c_s(x)$ for the case of a two-phase medium, and its qualitative and quantitative agreement with the results of other authors is shown demonstrated.

24.03-01.137 Идентификация свойств неоднородного цилиндрического волновода. *Ватульян А.О., Яеруян О.В., Богачев И.В. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. 2018, № 4, с. 33-46. Рус.

Исследована обратная коэффициентная задача об идентификации свойств радиально неоднородного (в том числе слоистого и с покрытием) упругого цилиндрического изотропного волновода. Для восстановления трех функций — коэффициентов Ляме и плотности, характеризующих переменные свойства изотропного волновода, рассмотрены два режима воздействия на объект, которые возбуждают нормальные и крутиль-

ные колебания. Процедура идентификации осуществляется по данным акустического зондирования внешней поверхности цилиндра. Поставленная задача с помощью интегрального преобразования Фурье по координате, совпадающей с осью волновода, сведена к одномерным задачам относительно осредненных характеристик. Полученные задачи разделены относительно восстанавливаемых функций и позволяют осуществить последовательную идентификацию. Произведена линейаризация разделенных коэффициентных обратных задач. Сформулированы два итерационных процесса, которые позволяют последовательно восстанавливать искомые функции. На каждом шаге итерационных схем решаются соответствующие краевые задачи с помощью метода пристрелки и системы интегральных уравнений Фредгольма первого рода с гладкими ядрами с помощью методов регуляризации. Проведен вычислительный эксперимент, моделирующий нормальные и крутильные колебания волновода. В качестве дополнительной информации использованы соответствующие волновые поля, полученные из решения прямой задачи при известных законах неоднородности. Рассмотрены примеры идентификации законов изменения характеристик волновода, моделирующих наличие неоднородного покрытия на внешней поверхности, характеристики которого могут значительно отличаться от характеристик материала волновода, считающихся в данных экспериментах известными. Проведен представительный набор вычислительных экспериментов по восстановлению законов изменения искомого механических характеристик — модулей упругости и плотности — для монотонных, немонотонных и кусочно-непрерывных функций.

См. также **24.03-01.17**, **24.03-01.18**, **24.03-01.70**, **24.03-01.71**, **24.03-01.83**, **24.03-01.93**

Нелинейная акустика

Нелинейные параметры среды

24.03-01.138 Методика определения динамических параметров материала при свободных колебаниях. *Хазов П.А., Шкода И.В., Тягунова Л.Ю. Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та*. 2023. 25, № 6, с. 89-101. Рус.

Актуальность. Изучение динамических свойств материалов является ключевым аспектом для проведения сложных инженерных расчетов. Наиболее часто используемые на данный момент методы определения динамических характеристик являются дорогостоящими и трудновоспроизводимыми в условиях отсутствия специального оборудования. Следовательно, существует необходимость разработки упрощенных методик, позволяющих инженеру определять конкретные характеристики материала, избегая проведения сложных лабораторных испытаний, что подтверждает актуальность данной темы исследования. Цель исследования — разработка и обоснование упрощенной методики определения динамических свойств различных материалов на примере древесины сосны. В исследовании применяются методы экспериментального моделирования при помощи современных измерительных устройств и последующая аналитическая обработка полученных результатов. Научная новизна заключается в предложении упрощенной методики определения динамических параметров материала с помощью анализа зарегистрированных блоком акселерометра колебаний шарнирно закрепленной двухопорной балки. В результате исследования определен динамический модуль упругости древесины сосны, с высокой точностью совпадающий со справочными значениями, а также получен коэффициент затухания колебаний, необходимый при расчете динамических систем в окolorезонансных зонах. Практическая значимость работы заключается в возможности использования предлагаемой методики для определения динамических свойств новых материалов с целью дальнейшего внесения этих характеристик в базы данных программно-вычислительных комплексов.

Теория нелинейных акустических волн

24.03-01.139 Изучение влияния направленного акустического рассеяния на акустическую радиационную силу: сила отдачи. *Смагин М.В., Тофтун И.Д., Петров М.И. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 32-37. Рус.*

Работа посвящена разработке полностью аналитического подхода для расчета акустической силы и момента силы в дипольном приближении. Для расчета акустической радиационной силы получено простое аналитическое выражение, включающее в себя монополярный и дипольный моменты, с введением нового, ранее игнорируемого члена, описывающего интерференцию мультиполей, что физически соответствует акустической силе отдачи, противоположной направлению импульса рассеянного поля. Было показано, что этот член необходим для корректного описания акустомеханического поведения геометрически анизотропных частиц, что демонстрируется на модели частицы эллипсоидной формы в рэлеевском и Ми-режимах рассеяния.

24.03-01.140 Дифракция интенсивного звука на многомасштабном фазовом экране. *Гусев В.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 38. Рус.*

In a number of cases, in particular, in problems of architectural acoustics, it is of interest to obtain a sufficiently uniform radiation pattern of the field scattered at the boundary or transmitted through the screen. To form such a field, it is necessary that the boundary or screen be sufficiently inhomogeneous, and inhomogeneities of opposite signs should be approximately equally represented. In addition, inhomogeneities must be represented by different scales in a wide range of wave sizes for a given frequency range. A review of the literature shows that one of the possible solutions to this problem is the creation of fractal structures with multiscale self-similar distributions of inhomogeneities. However,

only linear problems for waves of infinitely small amplitude were considered. In this paper, we consider the features of the propagation of intense sound waves based on the model of modular nonlinearity. The main idea is to formally replace the classical quadratic nonlinearity with modular type nonlinearity. Then an equation with modular nonlinearity is postulated. The nonlinear parameter in such a model turns out to be related to the characteristic Mach number of the wave. After opening the module, a system of linear equations is obtained for periods of different polarity, which describe the propagation of waves with different speeds. The matching of these solutions describes the formation of shock fronts in the wave profile and their further evolution. This approach makes it possible to calculate the radiation pattern for intense waves scattered by an inhomogeneous boundary.

24.03-01.141 Эволюция нелинейных акустических пучков с осью, наклоненной к излучающей поверхности, в среде с модульной нелинейностью. Гусев В.А., Комаровский К.О. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 39-44. Рус.

В современных задачах акустической диагностики широкое применение находят излучатели и антенные решетки с переменным положением фокуса. Перемещение фокуса может достигаться изменением фазы акустического пучка вдоль излучающей поверхности. При этом ось пучка перестает совпадать с нормалью к излучающей поверхности и составляет с ней некоторый угол. Поля интенсивных пучков в этом случае могут быть рассчитаны на основе широкоугольного уравнения Вестервельта, но только численными методами. Упрощение достигается при переходе к уравнению типа Хохлова—Заболотской для узкоугольных пучков с наклоненной осью. Исходя из требования равномерной пригодности получаемого уравнения по углу наклона сформулировано новое уравнение, обобщающее уравнение Хохлова—Заболотской. Однако возможности построения точных решений такого типа уравнений весьма ограничены, а приближение нелинейной геометрической акустики не позволяет описывать фокальную область сфокусированных пучков. Для получения аналитических решений, важных для выявления качественных зависимостей параметров пучка, и дальнейшей задачи оптимизации излучения пучка оказывается полезной модель модульной нелинейности. Она позволяет перейти к системе линейных уравнений, позволяющих получить общее решение. Нелинейные эффекты проявляются при сшивке этих решений. В работе получены решения модифицированного уравнения Хохлова—Заболотской для наклонного распространения ограниченного пучка, определены форма и размеры фокальной области.

24.03-01.142 Моделирование нелинейных изгибных волн деформации в цепочке метаматериала. Порубов А.В. Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 10, с. 862-869. Рус.

Дискретно-континуальный подход применён для исследования геометрически-нелинейных изгибных волн в цепочке метаматериала «масса-в-массе». Нелинейные уравнения движения выведены как в виде дифференциально-разностных связанных уравнений, так и в виде дифференциальных уравнений в частных производных в континуальном пределе. Исследована возможность существования аналитического решения континуальных уравнений в виде уединённой волны деформации.

См. также **24.03-01.32, 24.03-01.35, 24.03-01.36, 24.03-01.59, 24.03-01.73, 24.03-01.131**

Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

24.03-01.143 Экспериментальное исследование акустических свойств компаундов в процессе полимеризации. Балькин Д.Е., Бахтин В.К., Дерябин М.С., Гурбатов С.Н., Касьянов Д.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 8-13. Рус.

Представлено экспериментальное исследование динамики

акустических характеристик процесса полимеризации. Для исследований использовались компаунды на основе эпоксидной смолы, у которых в процессе полимеризации проводился непрерывный мониторинг скорости звука, коэффициент затухания и параметра квадратичной нелинейности. Исследовательский экспериментальный стенд представляет собой конструктив, в который устанавливаются два ультразвуковых преобразователя. Между преобразователями размещается сменная кювета, в которую заливается исследуемая среда. Запись исследуемых акустических сигналов производилась стендом в автоматическом режиме с функцией автоподстройки, позволяющей производить запись сигнала с оптимальными амплитудными и временными характеристиками. Для измерения температуры в стенд интегрирован прецизионный термопреобразователь. В экспериментах использовалась эпоксидная смола ЭД-20 с отвердителем полиэтиленполиамин (ПЭПА). Представлены результаты экспериментов по исследованию влияния рецептурной концентрации отвердителя на сам процесс полимеризации, а также на акустические характеристики полностью полимеризованной («затвердевшей») эпоксидной смолы ЭД-20. Результаты экспериментов включают в себя зависимости скорости звука, затухания, коэффициента нелинейности, температуры эпоксидной смолы в процессе полимеризации для соотношений отвердитель/смола: 1/25, 1/20, 1/15, 1/10. Показано, что динамика акустических характеристик полностью отражает процессы фазовых превращений при полимеризации.

24.03-01.144 Влияние нелинейного режима работы акустических вкладышей при высоких уровнях звукового давления на распространение звуковых волн в цилиндрическом канале с потоком. Influence of the Nonlinear Operating Mode of Acoustic Liners at High Sound Pressure Levels on Sound Wave Propagation in a Cylindrical Duct with a Flow. Bashkatov V.V., Ostrikov N.N. Acoustical Physics. 2024. 70, № 1, с. 9-20. Англ.

The problem of sound propagation in a cylindrical duct with a uniform flow is considered with nonlinear impedance boundary conditions resulting from the dependence of the impedance of acoustic liners on the sound pressure level. An iterative procedure for solving this problem has been constructed, in which sound propagation is described by an asymptotic solution to the problem of the propagation of sound modes in a cylindrical duct with a uniform flow with a smoothly non-uniform impedance of the walls in the axial direction, and the nonlinear mode of operation of the liners is based on a semiempirical model of a two-layer acoustic liners. It is shown that the constructed iterative algorithm converges within the limits of applicability of the asymptotic solution and diverges beyond them. It is shown that, for the parameters with which the calculations were carried out, the nonlinear effect of the liners operation leads to an increase in sound attenuation compared to a linear solution of a similar problem, and this effect is when sound propagates along rather than against the flow.

См. также **24.03-01.48, 24.03-01.72, 24.03-01.77**

Нелинейная акустика твердых тел

24.03-01.145 Влияние динамической жесткости оболочек на критическую толщину детонации низкочувствительного ВВ. Соколов М.А., Долгих С.М., Смирнов Е.Б. Физика горения и взрыва. 2024. 60, № 2, с. 99-103. Рус.

Фотохронографическим методом определена связь критической толщины детонации в поперечных клиньях из пластифицированного ТАТБ с акустической жесткостью граничащего материала и скоростью звука в нем. Иницирование клиновидного заряда осуществлялось по всей боковой поверхности детонационной волной, распространяющейся в стационарном режиме. Ключевые слова: взрывчатое вещество (ВВ), ударная волна (УВ), детонационная волна (ДВ), фотохронограммы, скорость детонации, скорость звука, боковая разгрузка, критическая толщина детонации.

См. также **24.03-01.55, 24.03-01.77**

Акустические течения и радиационное давление

24.03-01.146 Лигаменты, волны и вихри в потоках жидкости. Ligaments, waves and vortices in fluid flows. *Chashechkin Yu.D.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 5-8. Англ.

24.03-01.147 Особенности формирования стратифицированного течения при импульсном старте наклонной пластины. *Загуменный Я.В., Чашечкин Ю.Д.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 72-76. Рус.

24.03-01.148 Лигаменты, волны и вихри в течениях жидкостей. *Чашечкин Ю.Д.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 168-172. Рус.

24.03-01.149 Поведение легкого эллиптического цилиндра в полости с жидкостью при вибрациях. *Щипицын В.Д., Лебедева Г.М., Мавлютова Ю.Р.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 182-184. Рус.

24.03-01.150 О первой бифуркации волн Стокса. On the first bifurcation of Stokes waves. *Kozlov V.* *Алгебра и анализ.* 2024. 36, № 2, с. 70-92. Англ.

Stokes water waves on the vorticity flow in a two-dimensional channel of finite depth are treated. In author's paper published in JDE, 2024, the existence of subharmonic bifurcations on a branch of Stokes waves was proved. Such bifurcations occur near the first bifurcation in the set of Stokes waves. Moreover, it was shown in that paper that the bifurcating solutions build a connected continuum containing large amplitude waves. This fact was proved under a certain assumption concerning the second eigenvalue of the Fréchet derivative. In this paper this assumption is investigated and explicit conditions ensuring it are presented. Ключевые слова: solitary wave, nonlinear water wave theory, flow of infinite depth, crest, amplitude.

См. также **24.03-01.19**

Нелинейные диспергирующие волны, солитоны

24.03-01.151 Источник фокусированных ультразвуковых волн для исследования эффекта акустической радиационной силы в воздушной среде. *Сапожников О.А., Асфандияров Ш.А., Цысарь С.А.* *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 867-871. Рус.

24.03-01.152 Уединённые волны деформации в коаксиальных оболочках с дробной и квадратичной физической нелинейностью, содержащих жидкость в кольцевом зазоре между ними. *Могилевич Л.И., Попов*

ва Е.В. *Известия вузов. Радиофизика.* 2023. 66, № 10, с. 835-847. Рус.

Исследуются продольные нелинейные уединённые волны деформации в соосных оболочках, содержащих вязкую несжимаемую жидкость в кольцевом зазоре между ними. Рассмотрен случай, когда материал оболочек обладает дробной и квадратичной нелинейностью. Сформулирована задача гидроупругости для рассматриваемого кольцевого канала и проведён её асимптотический анализ методом возмущений, что позволило получить систему двух эволюционных уравнений, обобщающих уравнения Кортевега—де Вриза—Шамеля. При отсутствии влияния жидкости система распадается на два независимых уравнения, имеющих точное солитонное решение. Реализовано численное исследование эволюции уединённых волн в соосных оболочках с использованием полученной новой разностной схемы, аналогичной схеме Кранка—Николсона для уравнения теплопроводности. Проведена её верификация с применением найденного точного частного решения, когда в каждой из оболочек задана уединённая волна с одной и той же скоростью и амплитудой. Установлено, что найденная нелинейная добавка к скоростям волн в линейном приближении, т.е. к скорости звука, увеличивает скорости уединённых волн и они становятся сверхзвуковыми. Кроме того, вычислительные эксперименты показали, что уединённые волны, возбуждаемые в оболочках, с течением времени сохраняют свою скорость и амплитуду и упруго взаимодействуют друг с другом, т.е. являются солитонами.

См. также **24.03-01.142**

Источники интенсивного звука, фокусирующие устройства

24.03-01.153 Возможности электронного управления фокусом линейной ультразвуковой установки диагностического типа, предназначенной для высокоэнергетической терапии, и ее визуализация. *Electronic Focus Steering Capabilities of a Diagnostic-Type Linear Ultrasound Array Designed for High Power Therapy and Its Visualization.* *Nartov F.A., Williams R.P., Khokhlova V.A.* *Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 165-174. Англ.

The focus steering capabilities of a 1 MHz linear phased array transducer (64 rectangular elements, 14.8×51.2 mm aperture) intended for drug delivery applications in abdominal organs were assessed and compared with its design-stage computer model. Acoustic fields generated by the transducer and predicted by the models of an ideal array with uniformly vibrating elements and either a plane or a cylindrically focused surface were simulated using the Rayleigh integral and angular spectrum methods. The boundary conditions for the transducer were reconstructed from acoustic holography measurements performed for selected focusing configurations of the array and also synthesized from holography data measured for each of its individual elements. It was shown that the transducer field with electronic focus steering can be accurately synthesized based on the holography data of its elements, which significantly simplified acoustic field characterization. Variability of the power and directivity patterns of the array elements were analyzed. A twofold smaller range of electronic steering in the transverse direction for the transducer compared to its computer model is discussed.

Физическая акустика

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

24.03-01.154 Динамика и акустика двухфазных газожидкостных и пузырьковых сред. *Губайдуллин Д.А.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 44-46. Рус.

24.03-01.155 Измерение скорости и затухания продольных акустических волн в жидкостях. *Зайцев Б.Д., Бородина И.А., Теплых А.А., Семёнов А.П.* *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 623-628. Рус.

Разработан метод определения скорости и затухания продольной акустической волны в жидкости. Два преобразователя с частотой ~ 1 МГц, располагались друг над другом, зазор d между

ними заполнялся исследуемой жидкостью и увеличивался с шагом 50 мкм. Измеренная зависимость коэффициента прохождения K от зазора d представляла плавно убывающую периодическую функцию, несущую информацию о скорости и затухании волны в жидкости. Теоретические зависимости коэффициента прохождения от величины d , полученные с помощью механической эквивалентной схемы, оказались в хорошем соответствии с экспериментальными данными для воды и глицерина.

24.03-01.156 Мицелий базидиальных грибов как сенсорное покрытие для газовых датчиков на основе акустических линий задержки. *Смирнов А.В., Анисимкин В.И., Горбачёв И.А., Краснопольская Л.М., Голышкин А.В., Кузнецова И.Е.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 636. Рус.

Показана возможность использования покрытия на основе мицелия базидиальных грибов *Ganoderma lucidum* (Curtis) P. Karst в качестве сенсорного слоя для газовых датчиков на основе акустоэлектронных линий задержки (ЛЗ). Были использованы сенсорные покрытия двух типов: 1) на основе фугата и 2) измельченной биомассы мицелиальных грибов с фугатом. Фугат — надосадочная жидкость, полученная в результате центрифугирования измельченной в водно-этанольной смеси биомассы мицелия. Фугат содержит в себе микрочастицы мицелия и метаболиты, высвобождаемые в процесс измельчения. В качестве образцов использовались три ЛЗ, две на поверхностных акустических волнах (ПАВ), с центральной частотой 19,7 и 83 МГц и одна ЛЗ на волнах в пластинах, с длиной волны 200 мкм. Для ЛЗ на волнах в пластинах была выбрана мода высшего порядка на частоте 32,2 МГц, показавшая наибольшую чувствительность к парам тестовых жидкостей. В качестве тестовых образцов газа были выбраны пары химически чистых ацетона и спирта, а также дистиллированной воды. Наибольшее изменение амплитуды и фазы сигнала наблюдалось при использовании сенсорного покрытия на основе фугата. В случае ЛЗ на ПАВ с центральной частотой 83 МГц изменение амплитуды сигнала составляло 26 дБ и 27 дБ для максимальной концентрации паров воды (18,22 г/м²) и спирта (88,12 г/м²), соответственно. Фаза изменялась на и 302° и 497° для воды и спирта, соответственно.

24.03-01.157 Дисперсия скорости звука в метасреде, образованной периодической структурой резонаторов. *Канев Н.Г.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 998-1003. Рус.

Решена задача о распространении звука в среде, содержащей точечные рассеиватели, расположенные в узлах кубической решетки. Рассмотрены три типа метасред, в которых рассеиватели являются резонаторами монопольного, дипольного или монопольно-дипольного типа. Получены законы дисперсии скорости звука для низкочастотного случая. Дисперсионное уравнение для метасреды, образованной структурой монопольных резонаторов, совпадает с известным уравнением для пузырьковой среды. Проанализированы отличия законов дисперсии для двух других типов метасред. Наиболее интересная разница заключается в том, что скорость звука в монопольной метасреде равна нулю на собственной частоте резонаторов, а в дипольной метасреде стремится к бесконечности. Показано, что при наличии дипольных резонаторов, момент которых имеет зафиксированное направление, метасреда обладает анизотропными свойствами и по аналогии с электродинамикой может быть названа поляризованной. Для всех рассмотренных метасред существует область частот, в которой в среде могут существовать только затухающие волны.

24.03-01.158 Дисперсия продольных ультразвуковых волн в градиентном волноводе. *Абрамович А.А., Пирозерский А.Л., Чарная Е.В., Шевченко Е.В., Абдуламонов Х.А., Неббай А.И.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1004-1009. Рус.

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований частотной (1,7–10 МГц) зависимости скоростей продольных ультразвуковых волн в образце стекла с одноосным градиентом

упругих свойств. В этом диапазоне частот относительная дисперсия составляла 10–50% в зависимости от взаимной ориентации волнового вектора и градиента упругих свойств образца, а также от акустического пути луча. Приводятся возможные объяснения полученных результатов.

24.03-01.159 Образование исключительных точек при нарушении симметрии резонатора. *Игошин В.Д., Никитина А.Д., Цимоха М.А., Тофтун И.Д., Петров М.И., Фризюк К.С.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1010-1015. Рус.

Рассматривается образование исключительных точек при нарушении симметрии системы в одиночных акустических резонаторах, которые являются элементарными блоками при создании акустических метаматериалов. Изучение отклика резонаторов вблизи исключительных точек позволяют разработать высокочувствительные сенсоры. Исследован способ описания свойств спектра резонатора вблизи исключительной точки на примере акустического резонатора, форма которого меняется от цилиндра к усеченному конусу.

24.03-01.160 Классификация и мультипольный состав собственных мод акустических резонаторов различной симметрии. *Цимоха М.А., Игошин В.Д., Никитина А.Д., Тофтун И.Д., Фризюк К.С., Петров М.И.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1016-1019. Рус.

Описание сложных акустических систем, таких как акустические метаматериалы, зачастую сводится к анализу акустических резонаторов и их собственных мод. В работе с помощью теоретико-групповых инструментов и численного моделирования представлена классификация собственных мод резонаторов разных форм, а также мультипольное разложение для случая акустического рассеяния.

24.03-01.161 Низкочастотная сдвиговая упругость гомологического ряда нормальных углеводородов. *Low-Frequency Shear Elasticity of the Homological Series of Normal Hydrocarbons.* *Dembelova T.S., Makarova D.N., Badmaev B.B.* *Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 35-38. Англ.

The low-frequency (74 kHz) shear elasticity of the homologous series of normal hydrocarbons (alkanes) is studied using acoustic resonance. The shear modulus and mechanical loss tangent are measured, and the relaxation frequency and effective viscosity are calculated. The dependences of these parameters on homologue viscosity are established. It is shown that the mechanical loss tangent of all studied liquids is less than 1, demonstrating that the relaxation frequency is below the experimental frequency.

24.03-01.162 О звукопоглощающем покрытии в виде слоя вязкой жидкости с пузырьками. *On A Sound-Absorbing Coating in the form of a Layer of a Viscous Liquid with Bubbles.* *Kazakov L.I.* *Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 39-50. Англ.

The study considers the possibility of creating a broadband sound-absorbing coating for hydroacoustic measuring tanks and chambers with inertial or soundproof walls, consisting of a layer of viscous liquid with gas bubbles. The coatings are calculated using the well-known theory of sound propagation in a liquid medium with bubbles, as well as the Kramers–Kronig integral dispersion equations. It is shown that the volumetric size distribution function of bubbles should be constant over the entire range of their sizes. A viscous liquid is designed to increase bubble damping to a value on the order of unity that is optimal for coatings by adding viscous losses in the surrounding liquid to small thermal losses. Low-frequency compensating resonators are used in coatings for soundproof walls. Several examples of calculating the acoustic characteristics of coatings are given.

См. также 24.03-01.82, 24.03-01.88, 24.03-01.117, 24.03-01.118, 24.03-01.119, 24.03-01.120, 24.03-01.136

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

24.03-01.163 Бесконтактная генерация и регистрация волн малой амплитуды на поверхности жидкости. *Мизёв А.И., Шмыров А.В., Мизёва И.А., Шмырова А.И.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премииум-принт». 2018, с. 118-121. Рус.

24.03-01.164 Структура двумерных течений у границы раздела жидкости и насыщенной пористой среды. *Циберкин К.Б., Тюлькина И.В.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премииум-принт». 2018, с. 165-168. Рус.

24.03-01.165 Резонансное рассеяние поверхностных акустических волн от краев кристаллов. *Недоспасов И.А., Путьрёв П.Д.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 635. Рус.

Рассмотрены поверхностные акустические волны, падающие на край анизотропной упругой среды (кристалл), вдоль кромки которого возможно распространение волн утечек с высокой степенью локализации на острие клина. При угле падения поверхностных волн, соответствующему фазовому синхронизму с этой клиновидной волной утечки, был обнаружен резкий пик коэффициента отражения поверхностной волны. Это аномальное отражение связано с эффективным возбуждением вытекающей клиновой модой. В лазерно-ультразвуковых экспериментах возбуждались импульсы поверхностных акустических волн, наблюдалось их отражение от края образца и частичное преобразование в импульсы вытекающих клиновых волн. Сценарии отражения и формы импульсов поверхностных и локализованных клиновых волн, включая эволюцию акустического импульса, распространяющегося вдоль края, были подробно подтверждены численным моделированием.

24.03-01.166 Особенности распространения и корреляционный анализ акустических сигналов в композиционных материалах. *Миронов М.А., Пятаков П.А., Шуляков С.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 972-977. Рус.

Композиционные материалы, обладая небольшим удельным весом при высокой прочности, используются во многих областях промышленности и техники, таких как авиация, машиностроение, строительство и др. Однако, их сложная внутренняя структура приводит к анизотропии акустических свойств, что осложняет проведение акустико-эмиссионного контроля. В работе приводятся результаты измерения скорости распространения и поглощения акустических волн в образце из композиционного материала. А также демонстрируется применимость метода неразрушающего контроля, основанного на расчёте корреляций акустико-эмиссионных сигналов в ультразвуковом диапазоне с целью выявления и локализации развивающихся дефектов.

24.03-01.167 Новая теория распространения волн по периодическим структурам и ее применение к исследованию акустических метаматериалов. *Бобровницкий Ю.И.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 990. Рус.

Для линейных периодических структур из ячеек произвольной сложности предложена универсальная характеристика, названная групповым импедансом, которая наиболее полно описывает волновые свойства и через которую аналитически просто выражаются все главные волновые характеристики (дисперсия, поток мощности и плотность энергии, ортогональность, вынужденные колебания). В работе приведены необходимые соотношения для группового импеданса. В качестве применения теории описан новый метод усредненного анализа, полезный для проектирования акустических метаматериалов по задан-

ным волновым свойствам.

24.03-01.168 Математическая модель метаматериала, задаваемого как нелинейно-упругая двухмассовая цепочка с центром симметрии, описывающая формирование несинусоидальных продольных волн деформации. *Ерофеев В.И., Корсаков М.И.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 991-995. Рус.

Предлагается математическая модель метаматериала, представленного в виде нелинейно-упругой двухмассовой цепочки с центром симметрии, позволяющая описывать формирование несинусоидальных волн (в том числе, солитонов) деформации, изучать их свойства.

24.03-01.169 Колебательные процессы при распространении акустической волны в монослойном фосфоре. *Шепелев И.А., Колесников И.Д., Дмитриев С.В.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 3, с. 378-384. Рус.

Акустические волны возникают в кристаллах в результате медленного непрерывного сжатия и являются эффективным способом передачи энергии на большие расстояния вглубь кристалла без существенного изменения его свойств. Распространение акустических волн в двумерных материалах изучено гораздо меньше, чем в трехмерных кристаллах. Моделирование методами молекулярной динамики используется для анализа динамики акустических волн в однослойном фосфоре. Проанализированы механизмы распространения волны в разных кристаллографических направлениях и влияние на свойства волны из-за высокой анизотропии решетки фосфора. В рамках анализа изучены колебания атомов, через которые проходит акустическая волна, как в инертной, так и в движущейся системе координат. Это позволило детально проанализировать процесс распространения волны и динамику колебаний атомов, возникающих после прохождения через них волны. В целом результаты вносят вклад в понимание нелинейной динамики локализованных возбуждений в двумерных материалах. Ключевые слова: многослойный фосфорен, двумерные материалы, метод молекулярной динамики.

См. также **24.03-01.136**

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

См. **24.03-01.42, 24.03-01.44, 24.03-01.45, 24.03-01.46, 24.03-01.142, 24.03-01.166, 24.03-01.167, 24.03-01.168**

Акустика ГГц частот; Бриллюэновское рассеяние

24.03-01.170 Волоконный лазер с частотой следования импульсов до 12 ГГц и стабилизацией гармонической синхронизации мод при помощи оптоакустической взаимоделивия. *Рибенек В.А., Итрин П.А., Коробко Д.А., Фотиади А.А.* Квантовая электроника. 2023. 53, № 10, с. 772-777. Рус.

Экспериментально исследуются резонансные эффекты, происходящие при совмещении частоты одной из мод продольного бриллюэновского рассеяния в оптическом волокне с гармоникой фундаментальной частоты волоконного резонатора, $f_B = Nf_0$; при этом для точной подстройки частот применялось механическое натяжение зачищенного от оболочки сегмента волоконного резонатора. Показано, что после проведенной подстройки гармоническая синхронизация мод реализуется только на частотах следования импульсов (ЧСИ), кратных резонансной частоте f_B , при этом происходит значительное снижение супермодового шума, позволяющее повысить максимальную ЧСИ до ~ 12 ГГц. Наблюдаемые эффекты могут быть объяснены формированием в волокне высокочастотной оптоакустической решетки.

Акустическая кавитация, сонолюминесценция

24.03-01.171 Акустика жидкости с покрытыми оболочкой пузырьками. *Губайдуллин Д.А., Федоров Ю.В.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 55-56. Рус.

24.03-01.172 Рост возмущений сферичности кавитационного пузырька при его сильном сжатии. *Топорков Д.Ю.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 154-157. Рус.

Динамика пузырьков в жидкости представляет значительный интерес для науки и приложений из-за возможности достижения в них огромных плотностей, давлений и температур. Экстремально высокие степени сжатия среды в пузырьках реализуются в финальной стадии схождения формирующихся в их полости ударных волн. В течение чрезвычайно короткого времени в малой центральной области пузырька температуры и плотности могут принимать значения, превышающие 10^7 К и 10 г/см³ соответственно. Необходимым условием достижения таких уровней термодинамических параметров является близость формы ударной волны к сферической вплоть до вхождения в малую центральную область пузырька. Как известно, ударная волна в момент своего возникновения зависит от формы пузырька. Поэтому изучение эволюции возмущения сферичности пузырька является актуальным. Определяющее влияние на степень сжатия содержимого коллапсирующего пузырька оказывает скорость коллапса. Одним из важнейших параметров, влияющих на кинематические характеристики пузырька, является температура. Ранее было проведено исследование образования радиально-сходящихся ударных волн в кавитационном пузырьке в жидком ацетоне в зависимости от температуры окружающей жидкости в диапазоне от 273 до 400 К при давлении жидкости 50 бар (начальный радиус пузырька 0.5 мм). Было установлено, что ударная волна в пузырьке возникает при температуре жидкости из диапазона от 273 до 375 К. В настоящей работе исследуется рост возмущения сферичности пузырька при его коллапсе в ацетоне при давлении жидкости 50 бар в зависимости от температуры жидкости, варьируемой от 273 до 373 К.

24.03-01.173 Временная изменчивость величины кавитационных порогов в экваториальной части Тихого океана. *Мельников Н.П.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 353-358. Рус.

Приводятся экспериментальные результаты измерений величины акустических кавитационных порогов, полученных в 11 рейсе НИС «Академик Александр Виноградов» в период с 21.02.1988 г. по 13.03.1988 г. За это время проведено четыре суточные станции с периодом измерения на трех станциях 30 минут на глубине 10 м, на одной станции — 10 минут на глубине 25 м. Каждое измерение представляет собой среднее 10 измерений кавитационного порога. Проведенная обработка экспериментальных результатов выявила суточную периодичность, около 24 ч, а также ~13 ч и 8 ч периодичности. Такую временную зависимость величины кавитационных порогов может обеспечить в первую очередь, вертикальная миграция планктона.

24.03-01.174 Порог акустической кавитации в водных суспензиях пористых кремниевых наночастиц с различной степенью гидрофобности поверхности. *Егошина В.Д., Гонгальский М.Б., Цурикова У.А., Андреев В.Г., Осминкина Л.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 776. Рус.

Наночастицы пористого кремния (пКНЧ) являются перспективным материалом для создания контейнеров, позволяющих обеспечить адресную доставку лекарств при терапии рака. Высвобождение лекарств из контейнеров может производиться под действием ультразвука. Основным механизмом при этом служит акустическая кавитация. Для её возникновения и развития требуется, чтобы амплитуда акустического давления превышала пороговое значение, величина которого существенно

зависит от наличия зародышей кавитации в виде микроскопических газовых пузырьков. При определённых условиях в порах пКНЧ может оставаться достаточно много газа, который высвобождается под действием ультразвука и создает условия для развития кавитации. В работе исследована зависимость порогов акустической кавитации в водных суспензиях пКНЧ от степени гидрофобности их поверхности. пКНЧ со средним размером 100 нм изготавливались механическим измельчением пленок пористого кремния (ПК) в этаноле. Такие пКНЧ исходно характеризуются гидрофильной поверхностью. Для получения амфифильных (гидрофобно-гидрофильных) наночастиц, пленки ПК перед измельчением гидрофобизировались путем модификации поверхности октадецилсиланом. При измельчении в этаноле гидрофобных пленок ПК до наночастиц, происходит разрыв кремний-кремниевых связей с последующим их окислением, за счет чего поверхность частично гидрофилизуется. Показано, что порог акустической кавитации в суспензиях амфифильных пКНЧ существенно снижается по сравнению с гидрофильными КНЧ. Величина порога акустической кавитации в суспензии амфифильных наночастиц с концентрацией 1 мг/мл оставалась практически постоянной в течение 5 дней. Полученные результаты важны для разработки методов сонодинамической терапии раковых заболеваний с использованием пКНЧ.

24.03-01.175 Прибор для исследования кавитации с высокой разрешающей способностью. *Федоричик М.П., Гаврилюк В.С., Минчук В.С., Дежжунов Н.В.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 910. Рус.

Представлен портативный кавитометр с высокой разрешающей способностью. Принцип действия прибора основан на анализе и обработке спектра кавитационного шума, принимаемого широкополосным гидрофоном. При пульсациях и захлопывании кавитационные пузырьки генерируют акустические возмущения и ударные волны, которыми обусловлено интенсифицирующее действие на физико-химические процессы в жидкостях. Чем интенсивнее ударная волна, тем более высокочастотные составляющие содержит ряд Фурье, представляющий эту волну. Поэтому с ростом концентрации пузырьков и интенсивности их захлопывания растет интенсивность высокочастотных составляющих в спектре кавитационного шума и спектр расширяется в высокочастотную область. Кавитометр оснащен USB выходом и программой обработки данных. Программа обеспечивает регистрацию активности кавитации и одновременное отображение результатов на мониторе компьютера в реальном масштабе времени в виде графика. Программа кроме построения графиков выполняет статистическую обработку данных, а именно: вычисляет среднее значение за время регистрации, максимальное и минимальное значения, разброс значений за один цикл измерений и среднеквадратичное отклонение от среднего. Расширенная версия программы позволяет визуализировать спектры кавитационного шума в диапазоне частот от 10 кГц до 1 МГц. Приводятся результаты испытаний кавитометра.

24.03-01.176 Сравнительное исследование кавитации в импульсном и непрерывном ультразвуковых полях. *Котузов А.В., Шебеко В.П., Жарко Н.А., Николаев А.Л., Дежжунов Н.В.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 960. Рус.

Приводятся результаты исследования закономерностей генерирования звуколюминесценции и спектральных компонент кавитационного шума в импульсном и непрерывном ультразвуковых полях. Показано, что зависимости интенсивности звуколюминесценции от приложенного к излучателю напряжения, от длительности и периода следования импульсов ультразвука имеют вид кривой с максимумом. Такой характер полученных зависимостей обусловлен конкурирующим влиянием двух факторов, связанных с увеличением концентрации кавитационных полостей и их размеров в кавитационной области: увеличением числа кавитационных событий (коллапсов) в единицу времени, с одной стороны, и уменьшение эффективности концентрации энергии пузырьками при захлопывании в условиях пересыщения кавитационной области пузырьками. Установлено, что мак-

симальная активность кавитации, достигаемая при варьировании интенсивности ультразвука в достаточно широких пределах, растёт при увеличении периода следования и при уменьшении длительности импульсов ультразвукового поля. С ростом скважности импульсов интенсивность субгармоники в спектре кавитационного шума уменьшается. При большой скважности в дегазированной воде субгармоника и вовсе отсутствует, в том числе и в тех режимах, когда наблюдается высокий уровень интенсивности звуколюминесценции.

24.03-01.177 Влияние кавитационной обработки водоугольных суспензий на средний размер капель в струе. *Гвоздяков Д.В., Зенков А.В., Мальцев Л.И., Поджаров Ю.С. Известия Томского политехнического университета.* 2024. 335, № 3, с. 70-80. Рус.

Переход к экологически чистым энергетическим технологиям, обусловленный современными требованиями к охране окружающей среды, предполагает поиск и создание новых источников энергии, в том числе и топлив. Одним из способов удовлетворения этих требований и сохранения на прежнем уровне показателей по выработке энергии тепловыми электростанциями является переход на многокомпонентные топлива. Наиболее перспективными и доступными котельными топливами с точки зрения энергетики, экологии и экономики являются водоугольные суспензии. В связи с этим изучение свойств и характеристик таких топлив во многих странах является актуальным. Цель: проведение экспериментальных исследований степени влияния продолжительности кавитационной обработки водоугольных топлив на средний размер капель в струе после распыления пневматической форсункой и обоснование эффективности такого подхода для практического применения. Объект. Экспериментальные исследования проводились с водоугольными суспензиями на основе длиннопламенного угля (марки Д) с добавлением 10 и 20% по массе пирогенетической жидкости. В качестве образца сравнения использовалась суспензия, состоящая из угля и воды, без добавления пирогенетической жидкости. Методы. Приготовление водоугольных суспензий осуществлялось в роторном гидродинамическом генераторе кавитации. Для распыления водоугольных суспензий использовалась пневматическая форсунка с внешним смещением. Средний размер капель топлива после распыления определялся при помощи метода Interferometric Particle Imaging. Результаты и выводы. Эксперименты по приготовлению водоугольных суспензий в составе с пирогенетической жидкостью показали рост значения динамической вязкости суспензии. Увеличение продолжительности обработки суспензий в роторном гидродинамическом генераторе кавитации позволяет снизить вязкость на 54%. Средний размер капель в струе при этом снижается на 22%.

См. также **24.03-01.119, 24.03-01.120, 24.03-01.154**

Акустика вязкоупругих материалов

24.03-01.178 Вязкий барьер при конвекции жидкости с гауссовой зависимостью вязкости от температуры. *Кулешов В.С., Моисеев К.В., Урманчиев С.Ф. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах».* Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 95-97. Рус.

24.03-01.179 Локальные измерения упругости гелеобразных материалов методом микроиндентирования. *Крит Т.Б., Байназаров Т.Р., Гришин П.Н., Марчук Ф.Ю., Андреев В.Г. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 826-833. Рус.

См. также **24.03-01.13, 24.03-01.161, 24.03-01.171**

Наноакустика, акустика тонких пленок и капель с наночастицами

24.03-01.180 Влияние ПАВ на характер распределения вещества капли по поверхности принимающей

жидкости. *Ильиных А.Ю. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах».* Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 76-79. Рус.

24.03-01.181 О влиянии сфероидальности сильно заряженной капли на характерные времена развития неустойчивости. *Ширяев А.А. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах».* Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 177-180. Рус.

См. также **24.03-01.125, 24.03-01.146, 24.03-01.148**

Поверхностные волны в твердых телах и жидкостях

24.03-01.182 Особенности распространения рэлеевских волн в ферромагнитных кристаллах Гейслера в области фазовых превращений. *Карпук М.М., Кузавко Ю.А., Шавров В.Г. Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27 сентября—01 октября 2004 г.* Витебск: Витебский государственный технологический у-т. 2004, с. 159. Рус.

24.03-01.183 Регуляризация разрушающихся волн Фарадея на свободной поверхности двухслойной жидкости. *Калиниченко В.А. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах».* Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 83-85. Рус.

24.03-01.184 Рассеяние волны Рэлея на приповерхностной полости в упругом полупространстве. *Лебедев А.В., Манаков С.А., Дубовой Д.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 73-78. Рус.

Рассматривается задача рассеяния волны Рэлея на включении малых волновых размеров в виде сплюснутого эллипсоида с произвольным отношением полуосей, расположенного под свободной поверхностью упругого изотропного полупространства. Материальные параметры заполнения включения могут иметь произвольный контраст по отношению к материальным параметрам вмещающей неоднородности упругой среды. Решение задачи построено на основе формализма функций Грина силового источника в полупространстве и теоремы взаимности для упругой среды. Приведены численные примеры, которые демонстрируют возможность диагностики наличия и ориентации полости, а также оценки характеристик ее заполнения.

24.03-01.185 Удаление белков NSB из акустического биосенсора, вызванное бегущей поверхностной акустической волной. *Traveling Surface Acoustic Wave Induced Removal of NSB Proteins from the Acoustic Biosensor.* *Wang Y., Chen C. Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 90-104. Англ.

One challenge of current biosensors is to remove non-specifically bound (NSB). Surface acoustic wave (SAW) technology, because of its non-contact and non-marker characteristics, becomes one of the hot research fields and shows great prospects. In this paper, SAW is used to remove NSB. Firstly, the effect of the cut of the piezoelectric material on the removal force is determined based on the dispersion equation of the acoustic wave and the properties of the piezoelectric material. Secondly, the effects of channel height, excitation voltage and fluid medium temperature on the removal process are verified through theoretical calculations. The results show that the SAW force, lift force and drag force induce by the SAW can effectively remove the NSB, among which, SAW force mainly removes the nonspecifically bound from sensor surface, while the lift force and drag force mainly prevent the re-deposition of the removed NSB. Finally, the optimal region where NSB can be removed effectively by SAW is determined by comparing the SAW force and van der Waals force. When the sensing region is located in the optimal region, not only can the NSB be effectively removed, but also the performance of the sensor is guaranteed.

24.03-01.186 Приборы на ПАВ на частотных гармониках. Особенности расчета параметров ПАВ методом

конечных элементов. Койзеров А.С. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика.* 2024. 24, № 1, с. 62-75. Рус.

Работа посвящена вопросам расчета параметров поверхностных акустических волн (ПАВ) основной и кратных частотных гармоник с помощью метода конечных элементов. Рассмотрена методика и основные особенности анализа ПАВ численным методом. В качестве основной модели исследования выбраны простые тестовые ячейки в одну длину волны. Показано, что, используя данные параметры ПАВ в аналитической модифицированной модели связанных мод, можно предварительно рассчитывать амплитудно-частотные характеристики приборов на ПАВ с применением частотных гармоник высших порядков. Проведено сравнение результатов расчета с экспериментальными измерениями коэффициента передачи фильтра и линии задержки на ПАВ.

24.03-01.187 О корнях характеристического уравнения Рэлея при рациональных значениях параметра. *Гуревич С.Ю., Кожневиков Д.Г., Голубев Е.В.* *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика.* 2024. 16, № 1, с. 56-59. Рус.

Получен ряд корней характеристического уравнения для поверхностных волн в предположении, что квадрат отношения скоростей объемных волн представляет собой рациональное число. Точные формулы для найденных корней содержат минимум радикалов и рациональных чисел. Ключевые слова: поверхностные волны; скорость волны Рэлея; корни характеристического уравнения; точные формулы.

См. также **24.03-01.180**

Акустоэлектроника

24.03-01.188 Акустоэлектронные сенсоры на основе композитных СВЧ резонаторов с алмазными подложками. *Асафьев Н.О., Сорокин Б.П., Овсянников Д.А., Попов М.Ю., Бланк В.Д.* *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 580-585. Рус.

Продемонстрировано применение сенсора толщины со структурой $Me_1/Al_1-xSc_xN/Me_2/(100)$ алмаз/ Me_3 при напылении тонких и сверхтонких пленок Me_3 : Sc, Pt, Al и Mo. Толщинная чувствительность при напылении Pt составила ± 0.5 нм. Рассмотрены особенности применения композитного СВЧ резонатора как сенсора давления в составе интегрированной измерительной системы с камерой высокого давления на алмазных наковальнях (ИИС КВДАН), к образцам из W, Si, Mo, Zr и целлюлозы. Продемонстрированы возможности ИИС к исследованиям особенностей поведения различных твердых тел при высоких давлениях, фазовых переходов под давлением и регистрации пластических деформаций в металлах.

24.03-01.189 Особенности измерения электрофизических свойств проводящих жидкостей с помощью акустических волн Лэмба высших порядков. *Анисимкин В.И., Кузнецова И.Е., Шамсутдинова Е.С.* *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 592. Рус.

Показано, что при измерении электрофизических свойств жидкостей с помощью акустических волн Лэмба ключевое значение имеет снижение уровня электромагнитной наводки по сравнению с амплитудой акустического сигнала на величину не менее 10 дБ. Такое условие может быть обеспечено путем размещения тестируемой жидкости между встречно-штыревыми преобразователями, размещенными на пластине, и/или при помощи электронного подавления наводки в измерительном приборе. Обнаружено, что в отличие от акустоэлектронного взаимодействия объемных и поверхностных волн в пьезополупроводниках зависимость поглощения волн Лэмба в пьезопластиках от проводимости жидкости имеет несимметричный характер. Следует отметить, что фазовый отклик на изменение проводимости жидкости сильно зависит от температуры и требует

ее постоянства в процессе измерений. Использование этого отклика также неприменимо в случае неравновесных процессов, сопровождаемых выделением или поглощением тепла. Амплитудный же отклик акустических волн почти не зависит от температуры и может быть применен к неравновесным процессам, но он имеет одинаковую величину для двух значений проводимости, поэтому одно из них должно быть исключено дополнительным измерением, например, с использованием второй акустической моды. Кроме того, отдельное от вязкости измерение проводимости σ затруднено из-за перекрестной чувствительности акустических волн к диэлектрическим ϵ и вязкостным η свойствам жидкости. При известных или слабо меняющихся значениях ϵ и η величина σ может быть определена в диапазоне 0–10 См/м. Чувствительность нормальных волн достигает 0.4 дБ/(См/м) по амплитуде и 4.4° /(См/м) по фазе. Требуемый объем пробы составляет не более 200–500 мкл.

24.03-01.190 Исследование влияния суспензий на основе глицерина на характеристики резонаторов с продольным электрическим полем. *Семёнов А.П., Зайцев В.Д., Теплых А.А., Бородин И.А.* *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 605-610. Рус.

Исследовано влияние суспензий на основе чистого глицерина и алмазного порошка с размером частиц 1–2 мкм с различной концентрацией на характеристики резонаторов с продольным электрическим полем. В работе были использованы два дисковых резонатора, изготовленных из пластин кварца и лангасита с круглыми электродами на обеих сторонах пластины с рабочими частотами 4.4 и 4.1 мГц, работающих на поперечной и продольной акустических модах соответственно. Каждый резонатор был вмонтирован в дно жидкостного контейнера объемом 30 мл. Для проведения экспериментов в лабораторных условиях были изготовлены образцы суспензий глицерина и алмазного порошка с объемной концентрацией частиц в пределах 0.098–2.86%. В ходе экспериментов образец суспензии объемом 15 мл помещался в контейнер таким образом, чтобы резонатор был полностью погружен в суспензию. Измерялись частотные зависимости реальной и мнимой частей электрического импеданса нагруженного резонатора и сравнивались с зависимостями свободных резонаторов. Все измерения проводились при температуре около 27.5°C. Экспериментально установлено, что изменение объемной концентрации частиц в суспензии приводит к изменению резонансной частоты и добротности параллельного и последовательного резонансов, а также максимальных значений электрического импеданса и адмиттанса резонаторов из кварца и лангасита.

24.03-01.191 Линейное акустическое двулучепреломление в многочастотном акустомагнитном СВЧ-резонаторе. *Ползикова Н.И., Алексеев С.Г., Раевский А.О.* *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 611-616. Рус.

Рассмотрена одномерная модель акустической резонаторной структуры с ферромагнитным слоем (ЖИГ) на немагнитной подложке (ГГГ) и пьезоэлектрическим тонкопленочным пьезопреобразователем для описания магнитоупругих явлений в условиях двойного резонанса: магнитоупругого резонанса в ЖИГ и чисто упругого в многослойной структуре многочастотного СВЧ резонатора сдвиговых объемных акустических волн (АВ). Исследуется эффект акустического двулучепреломления, обусловленный тем, что компоненты АВ с параллельным и перпендикулярным смещениями относительно поля имеют разный набег фаз по толщине магнитной пленки. Понимание природы особенностей спектра представляется важным для интерпретации эксперимента и оценки параметров магнитных пленок.

24.03-01.192 Метод акустической резонаторной спектроскопии для спектров сложной формы. *Алексеев С.Г., Ползикова Н.И., Раевский А.О.* *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 617-622. Рус.

Предложен метод автоматической обработки спектров элек-

тромагнитного коэффициента отражения S 11 многомодового резонатора объемных акустических волн (АВ), позволяющий определить параметры каждой из его многочисленных гармоник. Во-первых, в случае одновременного возбуждения нескольких поляризацій АВ-метод позволяет автоматически выделить резонансы, соответствующие заданной поляризации. Во-вторых, метод позволяет представить резонанс сложной формы в виде комбинации простых резонансов. Такое представление увеличивает количество данных, которые можно извлечь из экспериментального спектра, и позволяет применять метод акустической резонаторной спектроскопии для исследования новых классов эффектов.

24.03-01.193 Компактный акустический анализатор для определения проводимости жидкостей. Бородина И.А., Зайцев Б.Д., Теплых А.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 629-634. Рус.

Разработан компактный акустический анализатор на основе пьезоэлектрического резонатора с поперечным возбуждающим электрическим полем для измерения электрической проводимости жидкости. Исследовано влияние проводимости жидкости на характеристики резонатора. Показано, что модуль электрического импеданса резонатора монотонно уменьшается с ростом проводимости контактирующей жидкости. Полученные зависимости могут быть использованы как калибровочные кривые для измерения проводимости в диапазоне 100–10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

24.03-01.194 Низкоселективное рассеяние света в двуосных кристаллах в акустооптических ячейках с фазированным преобразователем. Курпейчик М.И., Балацкий В.И. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 652-657. Рус.

На примере ромбического кристалла НЮЗ исследованы характеристики широкоугольной дифракции света в главной плоскости двуосного кристалла, содержащей оптические оси, в акустическом поле противозонного секционированного пьезоэлектрического преобразователя. Наибольшее внимание уделено вариантам низкоселективного рассеяния света. Важной особенностью такого режима дифракции является его высокая чувствительность к направлению ультразвука, что накладывает особые условия на точность изготовления акустооптической ячейки. Установлено, что в случае фазированного преобразователя оптимальный для реализации подобного варианта взаимодействия срез кристалла определяется как двулучепреломлением используемого материала, так и параметрами структуры преобразователя. Доказано, что при использовании ячейки с электронным управлением фазами секций требования к точности выведения звуковой грани могут быть заметно снижены. Это позволяет рассчитывать на практическую реализацию на основе таких ячеек специальных дефлекторов, способных сканировать сильно расходящиеся оптические пучки.

24.03-01.195 Исследование основных характеристик гибридного акустооптического процессора на основе двойного преобразования Фурье для визуализации акустических полей от микрообъектов. Баров С.С., Никитин Е.Л., Павлова М.В., Сучилин А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 658-662. Рус.

Представлена теоретическая и экспериментальная оценка разрешающей способности устройства акустооптической визуализации на основе двойного преобразования Фурье. Показано, что при заданных реальных параметрах оптической и акустической систем акустооптический процессор обладает разрешающей способностью, позволяющей верно отображать акустические поля пьезоэлектрических преобразователей с характерными размерами в десятки микрометров.

24.03-01.196 Моделирование акустических сигналов, получаемых от форменных клеток крови при исследовании крови оптоакустическим методом лазерного воздействия. Кравчук Д.А., Воронина К.А. Сбор-

ник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 663-665. Рус.

Оптоакустика является перспективным направлением в неинвазивных исследованиях внутренних тканей биообъектов. Цель данного исследования состоит в исследованиях возможностей оптоакустического метода по определению свойств эритроцитов крови и их количественному содержанию в крови. Проведены экспериментальные исследования формирования оптоакустического сигнала в жидкостях, содержащих модели эритроцитов в виде полистирольных дисков.

24.03-01.197 Исследование затухания акустических волн в кристалле парателлурита и его применение в акустооптических устройствах. Поликарпова Н.В., Дьяконов Е.А., Чиж И.К. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 666. Рус.

Приводятся результаты исследования многократного отражения акустических волн от свободных граней кристалла парателлурита. Кристалл был вырезан таким образом, что в результате многократных отражений в призме наблюдались не менее пяти отраженных волн. Из-за того, что в кристалле парателлурита наблюдается сильная анизотропия скорости звука, то это приводит к сильной анизотропии акустического затухания. Вот почему, выяснение характера зависимости коэффициента акустического затухания от направления в кристалле парателлурита представляет особую важность. В работе исследуется экспериментальная зависимость затухания от направления распространения волны. Одна из наиболее интересных собственных мод кристалла парателлурита — медленная квазиперпендикулярная волна, распространяющаяся в плоскости (001). Она изменяет значение фазовой скорости в 5 раз в зависимости от направления характеризуется максимальным углом сноса энергии, равным $74,3^\circ$. Данное значение является максимально возможным не только среди собственных мод кристалла парателлурита, но и вообще среди известных кристаллических материалов. Экспериментальная оценка коэффициента затухания ультразвуковых волн в зависимости от направления и явилась целью настоящей работы. Измерения проводились акустооптическим методом. Конфигурация кристалла была специально рассчитана так, чтобы в нем существовало несколько акустических пучков с углами сноса энергии, близкими к максимальному. Сделанные оценки коэффициентов затухания представляют практическую важность при разработке акустооптических фильтров, использующих квазиколлинеарную геометрию взаимодействия вблизи кристаллографической оси [110]. Особенно упомянутых фильтров является их многоканальность, которая позволяет работать с несколькими пучками одновременно.

24.03-01.198 Влияние обратной связи и расходимости падающего излучения на аппаратную функцию коллинеарного акустооптического фильтра. Сливников Г.Д., Манцевич Н.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 667. Рус.

Исследована работа коллинеарного акустооптического (АО) фильтра на основе кристалла молибдата кальция при наличии обратной связи и с учетом расходимости оптического излучения. В исследуемой системе входное излучение было поляризовано по одной из собственных осей АО кристалла. Выходное излучение разделялось на сигнальный пучок и пучок обратной связи. Первый пропусклся через анализатор, ориентированный перпендикулярно входному поляризатору. Анализатор для второго пучка был ориентирован под углом 45° к входному поляризатору и пропускал как пучок нулевого порядка, так и пучок первого порядка с доплеровским сдвигом частоты. Смешивание этих оптических сигналов на фотоприемнике (оптическое гетеродинамирование) порождало переменную компоненту напряжения с частотой ультразвука, которая после усиления подавалась вместе с сигналом от внешнего генератора на пьезопреобразователь АО фильтра, образуя цепь обратной связи. Исследование проводилось в регенеративном режиме (под порогом самовозбуждения). Показано, что описанный метод организации обратной связи позволяет повысить спектральное разрешение АО фильтра и, одновременно, применение сходя-

щегося светового пучка дает возможность заметно уменьшить боковые лепестки аппаратной функции устройства. В работе исследована зависимость ширины аппаратной функции и величины боковых лепестков от коэффициента усиления в цепи обратной связи и угловой расходимости входного оптического пучка.

24.03-01.199 Мультичастотный акустооптический дефлектор на основе двуосного кристалла. *Мильков М.Г., Шарикова М.О., Мачизин А.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 668-673. Рус.*

Представлена схема реализации акустооптического дефлектора для одновременного управления электромагнитным излучением нескольких длин волн. Экспериментально с помощью оптически двуосного монокристалла калий-титанил-арсената (КТЮАсО₄ или КТА) показана одновременная дефлексия лазерных пучков трех различных длин волн за счет их дифракции на одной ультразвуковой волне. Дифракция каждого из них наблюдалась при соблюдении условия фазового синхронизма благодаря использованию оптических свойств двуосной кристаллической среды. Плоскости акустооптического взаимодействия для каждого из трех световых пучков совпадают с такими срезами оптической волновой поверхности для каждой из длин волн света, которые содержат квазиплоский участок. Дифрагированные пучки с различными длинами волн могут быть сведены за счет использования оптических компонентов. Данный подход может лечь в основу создания приборов для управления излучением многочастотных лазеров.

24.03-01.200 Экспериментальные исследования оптоакустического сигнала для определения концентрации глюкозы в крови. *Кравчук Д.А., Старченко И.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 674-676. Рус.*

Цель данного исследования состоит в исследованиях возможностей оптоакустического метода по определению в составе крови наличия глюкозы. В ходе проведенных экспериментальных исследований формирования оптоакустического сигнала в свиной крови, получены профили акустических сигналов, согласно которым возможна регистрация уровня содержания глюкозы в крови.

24.03-01.201 Исследование акустооптического измерителя параметров радиосигналов в условиях механических и климатических воздействий. *Роздобудько В.В., Бакарюк Т.В., Волик Д.П. Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2009, № 1, с. 29-43. Рус.*

Представлены результаты исследований акустооптического измерителя параметров радиосигналов, функционирующего в условиях воздействия механических и климатических факторов. Приведен анализ полученных экспериментальных данных и даны рекомендации по улучшению основных точностных характеристик исследуемого класса измерителей.

24.03-01.202 Малогабаритный акустооптический измеритель параметров радиосигналов. *Шибеев С.С., Новиков В.М., Волик Д.П., Роздобудько В.В. Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2009, № 1, с. 83-89. Рус.*

Приведено описание акустооптического измерителя параметров радиосигналов, отличительной особенностью которого являются малые габаритные размеры и энергопотребление, описаны его основные блоки.

24.03-01.203 Экспериментальное исследование акустооптического дефлектора с поверхностным аподизированным пьезопреобразователем встречноштыревого типа. *Волик Д.П. Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2014, № 6/н2, с. 105-111. Рус.*

Приведены результаты экспериментального исследования основных параметров партии акустооптических дефлекторов СВЧ диапазона длин волн, отличающихся тем, что ультразвук в объем светозвукпровода генерируется аподизированным пьезопреобразователем встречноштыревого типа.

24.03-01.204 Узкополосный гольмиевый лазер со случайной распределенной обратной связью на основе искусственного рэлеевского рассеяния. *Абдуллина С.Р., Сжворцов М.И., Достовалов А.В., Проскурина К.В., Мунжуева Ж.Э., Бабин С.А. Квантовая электроника. 2023, 53, № 10, с. 767-771. Рус.*

Представлены результаты создания и исследования характеристик гольмиевого волоконного лазера, генерирующего на длине волны 2 мкм, в конфигурациях резонатора с распределенными брэгговскими отражателями (РБО) и со случайной распределенной обратной связью (СРОС), обеспеченной искусственными рэлеевскими отражателями. Длина активной среды составила 75 см. Для линейной схемы с РБО мощность генерации составила 330 мВт при мощности накачки 3.9 Вт, при этом ширина линии не превышала 10 пм. Для конфигурации со СРОС максимальная мощность составила 360 мВт, ширина линии — 3 пм, при этом до уровня выходной мощности 90 мВт наблюдался одночастотный режим генерации, а временная динамика была импульсной.

См. также **24.03-01.156**, **24.03-01.170**, **24.03-01.185**

Акустические явления в метаматериалах

24.03-01.205 Местоположение источника звука на основе ОВФ и акустической суперлинзы. *The Sound Source Location Based on Phase Conjugation and Acoustic Superlens. Liu S., Li M., Zhao R. Acoustical Physics. 2024, 70, № 1, с. 58-67. Англ.*

In order to break through the diffraction limit of traditional sound sources, an idea of far-field super-resolution imaging based on acoustic superlens is proposed, that is, acoustic super-lens is used to transmit near-field sound field information to the far-field, and far-field super-resolution imaging is realized by combining phase conjugate algorithm. In this paper, the sound source localization effect of the two-dimensional honeycomb acoustic superlens of water/mercury material is systematically studied, and the sub-wavelength imaging with a resolution of 0.22λ is obtained by simulating the point sound source imaging through numerical simulation, and the imaging principle of the refractive index $n=-1$ configuration is explained by combining the imaging principle of flat lens imaging and the law of refraction. A multi-lens was designed for far-field localization of point sound sources, and sub-wavelength imaging with a resolution of 0.19λ was obtained.

24.03-01.206 Исследование открытой маскировки акустических полей с помощью трансформационной оптики. *Investigation of Open Cloaking of Acoustic Fields via Transformation Optics. Raza M., Ahsan M., Wee M.F.M.R., Baqir M.A. Acoustical Physics. 2024, 70, № 1, с. 76-81. Англ.*

The conventional cloak has been studied in vast space while the open cloaking is explored in a few articles and there is a dire need for further investigations in this field. The open cloaks provide a way to exchange information data from the cloaked region to outside and vice versa. In this work, we have investigated the open cloaking phenomenon in acoustic fields at an audible frequency. This study will be helpful in developing a Multiphysics open cloaking platform and cloaked will enable to transfer or prohibition of the exchange of material from one region to another.

См. также **24.03-01.188**

Магнитоакустический эффект, осцилляции и резонанс

См. **24.03-01.182**

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

24.03-01.207 Морфология и сенсорные свойства пленок Ленгмюра—Блоджетт с иммобилизованными ферментами. *Горбачев И.А., Смирнов А.В., Колесов В.В.,*

Кузнецова И.Е. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 586-591. Рус.

Представлены результаты исследования морфологии и сенсорных свойств пленок Ленгмюра–Блоджетта (ЛБ) на основе монослоев из 1,2-дипальмитоил- sn-глицеро-3-фосфоэтаноламина (ДППЕ), стеариновой кислоты и их эквимолярной смеси с иммобилизованным ферментом глюкозооксидазы (ГО). Иммобилизация фермента в пленке происходила в процессе формирования монослоев. Морфология пленок, перенесенных на атомарно-гладкие углеродные подложки, изучалась методом атомно-силовой микроскопии. Адсорбция ГО приводила к изменению морфологии и средней толщины формируемой пленки. Величины шероховатости составляют 2,4, 1,4 и 2 нм для пленок, сформированных на основе монослоев ДППЕ, стеариновой кислоты (СК) и их эквимолярной смеси, соответственно. Сенсорные свойства сформированных пленок изучались с помощью акустической линии задержки на основе волн в пластинах. Изменение амплитуды акустического сигнала при адсорбции глюкозы составило 0.15, 2 и 1.5 дБ для пленок на основе ДППЕ, СК и их эквимолярной смеси, соответственно. Такие изменения амплитуды могут быть связаны с различным количеством адсорбированного фермента, а также со степенью его доступности для молекул аналита.

24.03-01.208 Широкополосная калибровка гидрофонов мегагерцового диапазона частот методом взвешивания акустического пучка и измерения его голограммы. Николаев Д.А., Цысарь С.А., Крайдер У., Сапожников О.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 954-959. Рус.

Предложен метод абсолютной калибровки гидрофонов в мегагерцовом диапазоне частот. С этой целью применяется комбинация двух типов экспериментальных измерений. Первое измерение заключается в записи калибруемым гидрофоном акустического сигнала в точках поверхности, пересекаемой ультразвуковым пучком при возбуждении излучателя импульсным электрическим сигналом. Получаемая пространственно-временная запись ультразвукового сигнала (импульсная голограмма) содержит полную информацию об акустическом пучке. Искажение голограммы, вызванное конечным размером приемного элемента, компенсируется с учетом экспериментально измеренной диаграммы направленности гидрофона. Вторым экспериментом заключается в измерении акустической радиационной силы, оказываемой ультразвуковым пучком на поглотитель большого диаметра при возбуждении того же излучателя монохроматическими сигналами в пределах полосы его эффективности. Совмещая результаты измерений импульсной голограммы и радиационной силы, определяется чувствительность гидрофона в диапазоне рабочих частот акустического излучателя. Проведена калибровка двух гидрофонов разных конструкций — игольчатого (HNA-0400, Onda, USA) и капсульного (HGL-0200, Onda, USA) в частотном диапазоне 1–3 МГц. Показано, что в пределах указанной производителем гидрофонов не точности (1 дБ) калибровка предложенным методом совпала с паспортной.

24.03-01.209 Оптимизация АЧХ акустооптического дефлектора с многоэлементным пьезопреобразователем. Волик Д.П., Пивоваров И.И., Роздобудько В.В. Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2007, № 1, с. 123-132. Рус.

Проанализировано для акустооптического дефлектора с поверхностным многоэлементным пьезопреобразователем, выполненным с изменяющейся длиной взаимодействия, изменение его основных параметров, в частности, полосы рабочих частот, дифракционной эффективности и степени подавления внеполосных каналов приёма.

24.03-01.210 Акустооптический СВЧ дефлектор на основе анизотропного LiNbO₃ X-среза с поверхностным пьезопреобразователем. Пивоваров И.И., Волик Д.П., Роздобудько В.В. Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2012, № 1, с. 94-103. Рус.

Рассмотрены физические основы функционирования анизотропного акустооптического дефлектора на основе ниобата ли-

тия X среза, в котором возбуждение ультразвука осуществляется поверхностным компланарным волноводом. Приведена методика расчета основных параметров рассмотренного акустооптического дефлектора и её результаты для дефлектора с шириной рабочей полосы 1 ГГц.

24.03-01.211 Способы аппаратного расширения полосы рабочих частот акустооптических измерителей. Новиков В.М., Шибяев С.С., Волик Д.П. Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2014, № 6/н1, с. 92-99. Рус.

Дается краткий обзор разработанных, запатентованных и частично реализованных коллективом авторов основных схемных решений, направленных на реализацию расширенных частотных диапазонов акустооптических измерителей так называемого последовательного типа. Все рассмотренные решения базируются на особенностях брегговского дефлектора света — основного функционального элемента данного класса измерителей.

24.03-01.212 Анализ колебательного процесса внутри акустической интерференционной решетки с использованием метода реверберационной матрицы. Analysis of the Vibrational Process Inside an Acoustic Interference Array Using the Reverberation Matrix Method. Subbotkin O. Acoustical Physics. 2024. 70, № 1, с. 194-207. Англ.

The theoretical study of sound field formation in an acoustic interference array presented in this article is motivated by an analysis of the physical principle of operation of a highly directional interference microphone. One of the objectives of the study is to determine the sound pressure acting on the microphone membrane inside the array. The sound field inside the interference array is analyzed using a matrix method, similar to the reverberation matrix method. The solution is formally represented as a Schwarzschild series. The result calculated by this method agrees well with the experimental data.

24.03-01.213 Вклад релаксации потока тепла в поглощающей подложке в характеристики фотоакустического сигнала прозрачных образцов. Салихов Т.Х., Ходжаев Ю.П., Сулейманов А.Э., Махмалатиф А. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 9-10, с. 561-567. Рус.

Теоретически исследован вклад релаксации потока тепла в поглощающей подложке в параметры фотоакустического сигнала прозрачного образца. Установлено, что зависимости амплитуды и фазы этого сигнала от частоты являются резонансными, что может быть использовано для определения времени релаксации потока тепла в материале подложки.

24.03-01.214 Зондирование волн Кельвина—Гельмгольца турбулентным лидаром. II. Лидар УОР-5. Разенков И.А. Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 1, с. 61-72. Рус.

В продолжение первой части статьи приводятся экспериментальные результаты зондирования волн Кельвина—Гельмгольца УФ-лидаром УОР-5. Зондирование атмосферы лидаром УОР-5 производилось в зимне-весенний период над городской застройкой, представляющей собой «остров тепла». Улучшенные характеристики лидара в сочетании с термическим состоянием пограничного слоя атмосферы, который в холодное время года стратифицирован в основном устойчиво, позволили получить новые данные о форме волн Кельвина—Гельмгольца. Результаты анализа показали, что чувствительность и потенциал лидара УОР-5 (355 нм) выше, чем у лидара УОР-4 (532 нм). Зафиксировано, что после прохождения лазерным пучком пика области с максимальной интенсивностью турбулентности в гребне волны эхосигналы в обоих приемных каналах понижаются на 30%. Такое воздействие турбулентной атмосферы на эхосигналы лидара можно объяснить уширением зондирующего пучка многократным рассеянием на случайных неоднородностях среды.

24.03-01.215 Обработка сигналов распределенных оптоакустических датчиков при помощи нейронных сетей в задаче мониторинга автотранспорта. Назаренко П.А., Левашкин С.П., Захарова О.И., Иванов К.Н.,

Кушуров С.В. *Мат. моделир.* 2024. 36, № 3, с. 20-34. Рус.

Нейросетевые модели применяются как инструмент мониторинга автомобильного транспорта. Рассматривается решение задачи распознавания с помощью нейронных сетей сигналов от автомобилей, оказывающих воздействие на распределенный оптоакустический датчик. Описываются характеристики формируемых сигналов и их предварительная обработка. Выполняется выбор архитектуры нейронной сети для распознавания сигналов автомобилей на основе анализа сигналов и приводится обоснование этого выбора. Для распознавания сигналов автомобилей, включая большегрузные, для рассматриваемого типа датчика достаточно однослойной сети с 201 входом. Нейронная сеть реализована на языке Python, для ее построения анализируются библиотеки Scikit-Learn, Keras и NumPy. Приводится описание обучающих образов, результаты обучения нейронной сети и ее практического применения. Даются рекомендации по дальнейшим исследованиям в области применения нейронных сетей различных архитектур для распознавания сигналов автомобилей с использованием распределенных оптоакустических датчиков. Результаты исследования являются важными для контроля движения автотранспорта, а также других областей применения распределенных оптоакустических датчиков.

24.03-01.216 Акустопластический эффект и активационный механизм генерации дефектов в условиях квазистатического деформирования металлов. Глазов А.Л., Муратиков К.Л. *Физика твердого тела.* 2024. 66, № 3, с. 359-362. Рус.

В рамках акустопластического эффекта рассмотрены процессы упругой и пластической деформации материалов. Предложена модель, учитывающая процессы образования дефектов при деформировании материалов по активационному механизму. Рассмотрены динамические уравнения формирования дефектов с учетом изменения их активационной энергии, обусловленного взаимодействием дефектов. Показано, что в результате сравнения экспериментальных данных с полученными теоретическими результатами можно получить информацию о таких характеристиках материалов, как концентрация дефектов, их время релаксации, характер взаимодействия, напряжение внутреннего трения. Получены значения указанных параметров для алюминия и сплава меди М1. Ключевые слова: деформация металлов, дефекты, механические напряжения, активационный объем.

24.03-01.217 Ультразвуковая лазерно-искровая спектроскопия для оперативного анализа химических элементов в морских акваториях. Буланов А.В. *Подводные исследования и робототехника.* 2023. 36, № 4, с. 70-77. Рус.

Представлено краткое обобщение исследований, приведших к созданию комбинированного ультразвукового и оптического спектроскопического анализа жидких сред. Целью данной работы являлось определение потенциальных возможностей влияния дополнительного акустического излучения на повышение интенсивности линий элементов в задачах лазерно-искровой спектроскопии жидкости. Описаны эксперименты по исследованию лазерного пробоя (образование низкотемпературной плазмы) в жидкости в поле мощного ультразвука, в результате которых были получены экспериментальные данные об оптической эмиссии при различных режимах пробоя в воде: поверхностного, в толще воды и смешанного. Был выявлен эффект существенного отличия порогов лазерного разрыва жидкости в присутствии ультразвука для морской и пресной воды. Обнаружено, что интенсивность линий однократного ионизированного дублета кальция (Ca II, 393,4 и 396,8 нм) в низкотемпературной плазме образованной полости зависит от фазы акустического поля (фазы растяжения и сжатия). Были также получены существенные изменчивости интенсивностей спектральных линий дублета атомарного калия на длинах волн 766.4 и 769.8 нм в зависимости от частот ультразвука. Экспериментально было выявлено, что при варьировании задержки и экспозиции регистрируется различный вклад ультразвука в динамику интенсивности спектральных линий кислорода и калия. Полученные результаты позволили сформулировать основные принципы создания метода комбинированной ультразвуковой лазерной искровой спектроскопии и создать компактный комплекс, про-

шедший апробацию в морских экспедициях: рейс № 81 НИС "Профессор Гагаринский" в Японском море в августе 2022 г и рейсе № 52 НИС "Академик Борис Петров" в Атлантическом океане и в пломе реки Амазонки в октябре—декабре 2022 г.

См. также **24.03-01.179, 24.03-01.201, 24.03-01.202, 24.03-01.203**

Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

24.03-01.218 Уточнение расчета параметра нелинейности акустических волн в органических жидкостях на основе теории термодинамических флуктуаций. Бельнюков Р.Н., Постников Е.Б. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 14-19. Рус.

Параметр нелинейности В/А является одной из важных характеристик жидкости и мягкой материи. В виду высокой чувствительности к составу среды, он является перспективным показателем для проведения неразрушающего контроля на основе ультразвукового зондирования. Однако вычисление параметра нелинейности термодинамическим путем связано с нахождением изотермической производной скорости звука по давлению, что требует специфического оборудования и экспериментов при высоких давлениях. В работе рассматривается подход к вычислению параметра нелинейности с использованием данных, полученных только при нормальном атмосферном давлении. Предложенный метод верифицирован на примере типичных молекулярных жидкостей — гептана и додекана.

24.03-01.219 Корреляционный прием теплового акустического излучения решеткой датчиков. Аносов А.А., Грановский Н.В., Беляев Р.В., Ерофеев А.В., Санин А.Г., Мансфельд А.Д. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 814-819. Рус.

24.03-01.220 Итерационный метод раздельного восстановления скорости звука, поглощения и температуры в задаче активно-пассивной термомографии. Дмитриев К.В. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 820-825. Рус.

24.03-01.221 Корреляционные измерения теплоакустического излучения с использованием матрицы датчиков. Correlation Measurements of Thermal Acoustic Radiation Using a Sensor Array. Anosov A., Granovsky N.V., Belyaev R.V., Erofeev A.V., Sanin A.G., Mansfeld A.D. *Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 21-28. Англ.

An array consisting of three sensors was used for correlation measurements of thermal acoustic radiation. For the first time, all cross-correlation functions were obtained for each pair of sensors. The measurements were carried out at two positions of the source (a heated narrow Teflon cylinder), the distance between which was equal to half the spatial period of the cross-correlation function of adjacent sensors. The measured correlation functions were in antiphase, which corresponds to the calculated correlation functions of thermal acoustic radiation. To pass from correlation functions to temperature distribution, spatial cross-correlation functions for adjacent and the outermost sensors in the array are summed. The correlation methodology makes it possible to significantly increase the spatial resolution of the method.

24.03-01.222 Стационарная система Навье—Стокса—Буссинеска с регуляризованной диссипативной функцией. Барановский Е.С. *Математические заметки.* 2024. 115, № 5, с. 665-678. Рус.

Изучается краевая задача для математической модели, описывающей неизотермическое установившееся течение вязкой жидкости внутри ограниченной трехмерной (или двумерной) области с локально-липшицевой границей. Особенность рассматриваемой модели тепломаассопереноса заключается в том, что в уравнении баланса энергии используется регуляризованная диссипативная функция Рэлея. Это позволяет учесть дис-

сипацию энергии, возникающую из-за эффекта вязкого трения. Доказана теорема о существовании слабого решения при естественных допущениях относительно данной модели. Кроме того, найдены дополнительные условия, при которых слабое решение будет единственным и/или сильным.

См. также 24.03-01.121, 24.03-01.178

Другие физические эффекты в акустических полях

24.03-01.223 Моделирование ультразвуковых инструментов для резки сотовых панелей из алюминия и арамида (кевлара). Simulation of Ultrasonic Tools for Cutting Honeycomb Panels Made of Aluminum and Aramid (Kevlar). *Vjuginova A., Vjuginov S.N., Novik A.A. Acoustical Physics*. 2024. 70, № 1, с. 189-193. Англ.

Honeycomb panels made of aluminum and composite materials aramid, or Kevlar—are widely used in aviation, space, automotive, and other fields due to their unique characteristics: high strength and rigidity, low density, and good thermal insulation properties. However, the mechanical processing of products made of honeycomb materials faces several difficulties, and one of the technologies that effectively solves the problems of cutting products made of honeycomb materials is ultrasonic cutting. In this paper, the finite element method is used to study the frequency properties necessary for designing tools for ultrasonic cutting of products made of honeycomb materials with operating frequencies around 20 kHz and various geometric parameters for cutting different variants of honeycomb constructions. The results of analyzing the wave dimensions of specialized ultrasonic triangular and disk-type instruments depending on geometry features are shown, along with the experimental results for a number of developed variants.

См. также 24.03-01.179, 24.03-01.206

Химические процессы и фазовые переходы при воздействии ультразвука

См. 24.03-01.42, 24.03-01.44, 24.03-01.45, 24.03-01.46

Ядерный акустический резонанс, магнитный акустический резонанс

См. 24.03-01.88

Источники ультра- и гиперзвука, аппаратура и методы измерений

См. 24.03-01.153, 24.03-01.208

Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

24.03-01.224 Ультразвуковые датчики уровня жидкости и ее трансформации в лед. *Анисимкин В.И., Воронова Н.В., Кузнецова И.Е., Смирнов А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 593-598. Рус.*

Базируясь на фундаментальных свойствах объемных акустических волн — способности поперечных колебаний распространяться только в твердых телах и зависимости скорости продольных волн от агрегатного состояния вещества (жидкого или твердого) — разработаны датчики фазовых переходов жидкость—лед и уровня жидкости. Для этих целей впервые использовано не изменение скорости и поглощения волн, а изменение времени их распространения от излучателя до приемника. Показано, что этот акустический параметр идеально подходит для таких измерений как слабо зависящий от температуры, но сильно от агрегатного состояния среды распространения. С помощью разработанных методик и лабораторных прототипов измерены скорости и коэффициенты поглощения объ-

емных волн в воде и льду на частотах 1—37 МГц. Экспериментально продемонстрирован изотермический характер фазового перехода вода—лед при нормальных условиях.

24.03-01.225 Проектирование ультразвуковых ножей для резки сотовых панелей из алюминия и арамида (кевлара). *Вьюгинова А.А., Вьюгинов С.Н., Новик А.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 872-877. Рус.*

24.03-01.226 Теоретическая оценка изменения плотности никельсодержащего раствора с применением ультразвука в процессе электролиза. *Вольф Д.А., Мещеряков Р.В., Ананьев П.П., Ананьева А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 878-890. Рус.*

Работа посвящена теоретической оценке зависимости между динамически изменяемой плотностью никельсодержащего раствора и скоростью распространения ультразвука в процессе промышленной выработки никеля электролизом. Для определения скорости распространения ультразвуковой волны, оценивается время задержки — t . Очевидно, что в процессе выработки никеля из раствора изменяются акустические свойства среды. Таким образом, при изменении плотности никельсодержащего раствора время задержки t изменяется по некоторому закону. Ключевым решением проводимого исследования является построение зависимости между динамически изменяемой плотностью и коэффициентом сжимаемости (упругости) никельсодержащего раствора. Зависимость между двумя этими параметрами, очевидно, имеет нелинейный характер. Для решения поставленной задачи, к рассматриваемому раствору принимаются приближения акустических свойств воды при заданных условиях. Производится оценка реакции свойства сжимаемости воды при изменении ее плотности. Оценивается зависимость коэффициента сжимаемости (упругости) воды от изменения ее плотности при нагревании. Осуществляется поиск аппроксимирующих параметров для выражения зависимости. Предполагается, что полученные аппроксимирующие параметры и рассматриваемые приближения для воды, также справедливы и для акустических свойств рассматриваемого никельсодержащего раствора. Получено выражение описывающее зависимость между полностью и сжимаемостью рассматриваемого никельсодержащего раствора.

24.03-01.227 Исследование чувствительности и информативности импедансного метода измерений в задачах ультразвукового контроля. *Винокуров Д.Л., Грудзинская И.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 891-900. Рус.*

Целью данной работы является оценка чувствительности и информативности импедансного метода ультразвукового контроля и выбор путей их увеличения. Рассмотрена методика расчета, позволяющая связать характеристики акустической колебательной системы с произвольной величиной измеряемой акустической нагрузки. В результате расчета получены нелинейные зависимости активной и реактивной составляющих импеданса нагрузки от входного импеданса. Исследовано влияние добротности излучающей системы на информативность измерений. Проведены экспериментальные исследования физико-механических свойств однородных полимерных материалов, а также материалов, имеющих анизотропные свойства.

24.03-01.228 Влияние ультразвуковых колебаний на качество сборки резьбового соединения. *Сухов А.В., Фомушкина С.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 901-906. Рус.*

Резьбовое соединение является одним из самых распространенных типов соединений в изделиях машиностроения. В настоящее время активно совершенствуются методы обеспечения качества резьбовых соединений, одним из которых является процесс сборки соединения за счет применения ультразвуковых колебаний. В работах, посвященных этому вопросу, зачастую рассматриваются соединения одного размера, соединения,

выполненные из одного материала, при этом рассматривается один вид поляризации колебаний, воздействующих на соединение. Это не позволяет наиболее полно оценить влияние ультразвуковых колебаний на эффективность процесса сборки резьбовых соединений. В работе рассмотрены колебания продольной и сдвиговой поляризации для нескольких размеров резьбового соединения, проведено сравнение их эффективности. Определены наиболее значимые параметры обработки и проведена их оптимизация.

24.03-01.229 Источник силового ультразвука для промышленных и лабораторных работ. Задорожневый В.С., Коломеец Н.П., Мысик А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 907. Рус.

Ультразвуковой генератор УЗГ4-2. Новизна УЗ-генератора заключается в алгоритме вычисления акустических резонансных частот, который использует аппарат векторной математики при обработке сигнала обратной связи, взятого со входа силового электроакустического преобразователя. Алгоритм реализован на сигнальном процессоре во встроенной цифровой системе управления ультразвукового генератора. Генератор работает как источник силового ультразвука и позволяет исследовать собственные резонансные свойства колебательных систем, и в то же время выполняет функцию векторного анализатора. Генератор выполняет автоматический расчёт комплексного сопротивления колебательной системы в режиме реального времени, что позволяет увеличить скорость реакции источника ультразвука до предельных значений в 10 мкс при изменении акустической нагрузки, как по частоте, так и по амплитуде. Генератор может работать как на магнитострикционные, так и на пьезокерамические преобразователи, в базовом исполнении на частоты до 100 кГц. Точность задания частоты до 0.001 Гц, мощность одного канала от 1,6 до 10 кВт. Есть модуль управления с ПК с графическим представлением диаграмм всех рабочих параметров и внешних сигналов. Есть возможность работать в независимом двухканальном режиме с плавно изменяемой фазовой задержкой между каналами. Для работы в качестве силового источника ультразвука совместно с лазерными сканирующими виброметрами типа Polytec в генераторе есть возможность входа фазовой синхронизации. Генератор позволяет работать в импульсном режиме, в цифровом виде синтезирует последовательности импульсов с настраиваемыми длительностью, задержкой, количеством импульсов.

24.03-01.230 Использование многоэлементной фокусированной антенной решётки с элементами большого волнового размера для ультразвуковой визуализации в фокальной области. Цысарь С.А., Петросян С.А., Росницкий П.Б., Сапожников О.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 908. Рус.

Для некоторых приложений ультразвуковой (УЗ) диагностики в промышленности требуются устройства, способные работать при высокой температуре, высокой химической активности или иммерсионной среды, большом гидростатическом давлении или воздействии других неблагоприятных факторов. В этих условиях применение стандартных систем УЗ визуализации становится невозможным. Одним из решений является передача ультразвукового поля из области с агрессивными условиями в более благоприятную для проведения измерений среду, например, с помощью волноводной сборки или линзовой системы. Однако при использовании подобных решений возникают дополнительные проблемы, связанные с энергетическими потерями и искажением поля при прохождении через транслирующую ступень. В настоящей работе предлагается альтернативный метод УЗ визуализации, основанный на использовании многоэлементной антенной решетки с большим волновым размером элементов (когда их диаметр намного превышает длину волны), которые могут быть изготовлены из высокотемпературных пьезоматериалов с сохранением приемлемого уровня чувствительности. Основной проблемой при использовании больших элементов является узость их диаграмм направленности, из-за чего на небольшом расстоянии от плоской решёт-

ки не выполняется условие перекрытия зон чувствительности всех элементов, необходимое для их совместной работы. При расположении элементов на вогнутой сферической поверхности удается обеспечить пересечение зон излучения-приема всех элементов вблизи центра кривизны излучающей поверхности. Таким образом, в этой области возможна визуализация с высоким поперечным разрешением, определяемым длиной волны на центральной частоте и угловой апертурой решётки. Для проверки работоспособности предложенного метода УЗ визуализации были проведены демонстрационные измерения в воде с использованием двумерной фокусирующей 256-элементной мозаичной абсолютно плотной решетки с радиусом кривизны 150 мм, диаметром 200 мм, центральной рабочей частотой 1.2 МГц, и характерным линейным размером элементов 13 мм (Imasonic, France). В качестве объектов визуализации использовались фигуры из стальной проволоки разного диаметра (1–3 мм), облучаемые в эхо-импульсном режиме. Показано, что метод позволяет осуществлять УЗ визуализацию в фокальной области решетки с высоким поперечным разрешением (до 2 мм), соответствующим теоретическим оценкам.

24.03-01.231 Компенсация неоднородностей фаз поверхности 256-элементной фокусирующей ультразвуковой решетки методом акустической голографии. Коровко Е.П., Цысарь С.А., Росницкий П.Б., Хозлова В.А., Сапожников О.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 909. Рус.

В медицинских приложениях ультразвука необходимо уметь создавать необходимую для конкретного приложения пространственно-временную структуру акустического поля. В диагностике и микроскопии это позволяет повысить пространственное разрешение ультразвукового изображения, а при использовании мощного ультразвука в терапии — контролировать пространственное распределение интенсивности в зоне воздействия; важным также является подавление нежелательных боковых лепестков и паразитных максимумов, возникающих при применении многоэлементных излучателей. При этом точный расчёт акустического поля невозможен без знания характера колебаний поверхности источника. В настоящей работе методом акустической голографии проведена характеристика абсолютно плотной фокусирующей 256-элементной ультразвуковой решётки с нерегулярным мозаичным расположением элементов. Элементы имеют вид многоугольников равной площади, плотно расположенных на участке сферической поверхности в виде вогнутой чаши с радиусом кривизны 150 мм и диаметром 200 мм. Решётка имеет центральную рабочую частоту 1.2 МГц и рассчитана для работы в воде. В рамках данного исследования проведен следующий эксперимент: в режиме импульсного возбуждения элементов производилась запись нестационарной голограммы вдоль плоской поверхности между излучателем и его фокальной плоскостью, после чего проводилась численная реконструкция нормальной компоненты колебательной скорости на поверхности источника. По результатам измерений было выявлено отклонение фаз скоростей на элементах от номинальных значений, что могло быть вызвано либо несферичностью поверхности расположения элементов, либо внесением дополнительных фазовых задержек согласующей электрической цепью. Для восстановления эффективной сферичности излучающей поверхности осуществлялась коррекция фаз электрических сигналов на элементах с использованием управляющей системы Verasonics V-1. Был разработан и применен протокол излучения с внесением поканальных задержек, компенсирующих фазовые сдвиги, обнаруженные на исходной акустической голограмме. После указанной коррекции была измерена новая голограмма, а также форма фокального пятна и значение амплитуды в фокусе. Показано, что компенсация позволила восстановить эффективную сферичность решётки и за счёт этого уменьшить размер фокальной области на 5% по уровню –6 дБ, увеличить пиковое значение давления в фокусе на 10%, а также упростить расчёт фазовых задержек для электронного перемещения фокуса и создания полей с заданной структурой.

24.03-01.232 Мониторинг внутренней температуры активных элементов мощных лазеров с по-

мощью ультразвукового зондирования. Monitoring the Internal Temperature of Active Elements of High-Power Lasers Using Ultrasonic Probing. *Mansfeld D., Belyaev R.V., Volkov G.P., Kuzmin A.A., Sanin A.G., Shaikin A.A. Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 68-75. Англ.

Monitoring the internal temperature of active elements (AE) of high-power lasers is necessary for their safe operation. The article describes a method and device for monitoring the internal temperature of the AE of lasers. The measurements utilize pulsed ultrasonic (US) probing and the temperature dependence of the sound speed in the AE material. A change in the sound speed leads to a change in the phase of the ultrasonic signal passing through the object, which is recorded by the described device. The results of monitoring the AE temperature using ultrasonic probing during operation of a laser device are presented.

24.03-01.233 Оценка азимута источника акустической эмиссии в бетонных пластинчатых конструкциях с использованием бесконтактного сенсорного блока. Estimating the Azimuth of Acoustic Emission Source in Concrete Plate-Like Structures using a Non-Contact Sensor Unit. *Bai Yunshan, Liu Yuanxue, Gao Guangjian, Cui Dandan, Chen Han. Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 130-142. Англ.

Location of damage sources is an important aspect of structural health monitoring research. Acoustic emission (AE) technology is broadly concerned due to its potential advantages in damage monitoring and source localization. However, the traditional positioning method is based on the arrival of P wave, and the non-uniformity of concrete materials is not considered, resulting in poor accuracy at large distances. This paper describes a non-contact AE localization method using leaky Rayleigh waves via a new air-coupled MEMS microphones array unit. Compared with traditional contact detection, this method is convenient for rapid setup and monitoring in a wider range. The feasibility of the non-contact AE localization method was verified by numerical simulation and experiments. Azimuth (direction of arrival) of AE source is a key source parameter for damage location. The research shows that this method can determine the azimuth of AE source at different positions, the results are close to the actual coordinates. Non-contact monitoring method proposed in this paper is the basis for further research on the failure prediction of concrete plate-like structures such as tunnel lining and bridge deck.

24.03-01.234 Оценка смачиваемости наполнителя связующим в процессе изготовления препрега с воздействием ультразвука для трехмерной печати филаментами, армированными непрерывным углеродным волокном. *Злобина И.В., Бекренев Н.В., Чуриков Д.О. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика.* 2024. 24, № 1, с. 52-61. Рус.

На основе изучения результатов процесса пропитки с воздействием ультразвука жгута углеродных волокон эпоксидной смолой с отвердителем полиэтиленполиамин при изготовлении полуфабриката филаментов — термопластичных нитей, использующихся в аддитивных технологиях печати композиционными материалами, установлено существенное улучшение смачиваемости волокон связующим, проявляющееся в уменьшении краевого угла смачивания с 70–77 до 35–40°, что свидетельствует о возможности более полной и равномерной пропитки жгута и, соответственно, о лучшем перераспределении внешних нагрузок между матрицей и наполнителем как в пределах монослоя, так и всего изделия за счет включения в работу максимального числа волокон. С использованием уравнения Юнга—Дюпре рассчитана работа адгезии связующего к волокну и показано, что воздействие ультразвука в процессе пропитки волокон способствует повышению работы адгезии в среднем на 39,7%, что наряду с упомянутым выше улучшением равномерности пропитки может значительно повысить прочность изделий, напечатанных композиционными филаментами, армированными непрерывным углеродным волокном.

24.03-01.235 Оценка адекватности проведения экспериментальных исследований по построению дальностных портретов, формируемых множеством источников вторичного излучения сигналов с перестройкой частоты от импульса к импульсу в ультразвуковом диа-

пазоне. *Саитбаталов Р.Р., Воротилин М.С., Куторов А.А., Чайковский В.М., Земцова О.Г. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 12, с. 418-426. Рус.

Рассматривается адекватность математического моделирования на примерах, в которых продемонстрировано повышение разрешающей способности, при увеличении шага перестройки частоты от импульса к импульсу в зондирующем сигнале. Новизной проведенных исследований является выявленный новый дестабилизирующий фактор, оказывающий влияние на однозначность получения дальностного портрета при использовании сигналов с перестройкой частоты от импульса к импульсу.

24.03-01.236 Экспериментальные исследования влияния повреждаемости стали на закономерности распространения поверхностных волн. *Ильягинский А.В., Родюшкин В.М. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика.* 2018, № 3, с. 36-43. Рус.

Рассматривается вопрос о мониторинге процесса накопления поврежденности путем контроля акустических свойств металла. Целью работы является разработка доступной в производственных условиях ультразвуковой технологии оценки технического состояния металла до его разрушения. Исследовалась возможность создания «индикатора поврежденности», используя в качестве датчика высокочастотную упругую поверхностную волну. Ультразвуковая технология зондирования, применяемая в данной работе, была ориентирована на расширение спектра зондирующего сигнала, что позволило повысить точность измерений. В качестве параметра, характеризующего внутреннее трение, использован коэффициент формы акустического зондирующего импульса и в качестве альтернативы — время прохождения волной фиксируемого состояния в металле. Демонстрационные эксперименты проведены на плоских образцах из предварительно отожженной стали марки Ст10. Циклические испытания проводились на универсальной испытательной машине фирмы TiniusOlsenLtd, модель H100KU, обеспечивающей погрешность измерения нагрузки 0,5%. Образцы были подвергнуты 50 циклам мягкого нагружения с амплитудой напряжения в цикле 0,6; 0,7 и 0,8 от условного предела текучести при постоянной скорости перемещения активного захвата 5 мм/мин. В основе методики анализа формы зондирующего импульса лежит обращение наблюдаемого сигнала из изменения амплитуды во времени в распределение по амплитуде и получение на основе этого обращения параметров априори выбранной статистической модели распределения Дирихле. Вычислялся параметр самоорганизации формы импульса, характеризующий изменение структуры зондирующего импульса. Изменение напряжения нагружения в цикле приводит к значимому изменению параметра самоорганизации формы зондирующего сигнала. Получена линейная связь между коэффициентом поглощения упругой энергии и показателем самоорганизации формы зондирующего импульса. Показано, что скорость распространения поверхностной волны для разных режимов нагружения меняется незначительно и не может служить признаком, характеризующим внутреннее трение. Результаты демонстрируют возможность характеризовать величину упругого гистерезиса, являющуюся одной из мер внутреннего трения в твердых телах, посредством измерения коэффициента формы акустического зондирующего импульса поверхностных волн.

24.03-01.237 Автоматизация исследований температурных зависимостей акустических параметров дисперсных систем. *Паращук Н.С., Курилов А.Д., Кузьмин М.К., Буланова Т.А., Буланов В.А., Чаусов Д.Н. Инженерная физика.* 2024, № 3, с. 3-8. Рус.

Представлено решение задачи автоматизации исследований температурных зависимостей акустических параметров дисперсных систем, полученных акустическим импульсным методом переменного расстояния. Реализована автоматическая статистическая обработка акустического сигнала и расчёт конечных скорости и коэффициента поглощения ультразвуковых волн в исследуемых дисперсных системах. Определена область применения данной разработки в качестве неразрушающего контроля дисперсных систем. Ключевые слова: автоматизация, программное приложение, ультразвуковые волны, температур-

ная зависимость.

24.03-01.238 Акустический импульсный метод переменного расстояния как метод неразрушающего контроля дисперсных систем. *Паращук Н.С., Курилов А.Д., Чантурия Г.Т., Алексашин А.Н., Кузьмин М.К., Буланова Т.А., Буланов В.А., Чаусов Д.Н. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024, № 2, с. 1-6. Рус.*

Рассмотрены вопросы реализации акустического импульсного метода переменного расстояния для проведения неразрушающего контроля дисперсных систем в широком диапазоне температур. Предложено решение по уменьшению погрешности исследования скорости распространения ультразвуковых волн. Собрана экспериментальная установка, проведено тестирование разработки на концентрационном ряде магнитной жидкости на основе трансформаторного масла. Показано, что статистическая обработка сигнала позволяет снизить погрешность измерений скорости и коэффициента поглощения ультразвуковых волн. Ключевые слова: дисперсная система, импульсный метод физической акустики, ультразвуковые волны.

24.03-01.239 Классификация и определение размеров поверхностных дефектов трубопроводов на основе результатов комплексной диагностики ультразвуковым, вихретоковым, визуальным и измерительным методами неразрушающего контроля. *Крысько Н.В., Скряпников С.В., Щипаков Н.А., Козлов Д.М., Кусый А.Г. Дефектоскопия. 2023, № 12, с. 69-78. Рус.*

Рассмотрены вопросы классификации и определения параметров поверхностных эксплуатационных дефектов по результатам ультразвукового, вихретокового и визуального и измерительного методов неразрушающего контроля. При этом визуальный и измерительный метод реализовался с применением камеры телевизионного контроля, оснащенной функцией компьютерного зрения, и лазерным триангуляционным датчиком. В работе представлен набор данных, содержащий 5760 изображений трубопроводов с питтинговой коррозией и без нее. Представлена сверточная нейронная сеть (СНС), которая была применена для классификации изображений, полученных с камерой телевизионного контроля на изображения без коррозии и изображения с питтинговой коррозией. В работе представлен набор данных, содержащий 269 измерений плоскостных и объемных поверхностных дефектов. Представлена модель определения размеров поверхностных дефектов, основанная на градиентном бустинге. В работе разработан алгоритм классификации и определения размеров поверхностных дефектов при комплексной диагностике, в котором применяются полученные модели, и определена точность работы данного алгоритма по метрике RMSE, которая вычислялась в рамках исследуемого

тестового набора данных и составила 0,011 мм.

24.03-01.240 Влияние способа настройки чувствительности ультразвукового контроля на ее распределение по толщине сварных соединений строительных конструкций. Influence of Ultrasonic Testing Sensitivity Adjusting Method on Its Distribution over the Welded Joints Thickness of Building Structures. *Безер С.А., Шляхтенков С.П., Бояркин Е.В., Канифадин К.В., Власов К.В. Вестник Ижевского гос. техн. ун-та. 2024, 27, № 1, с. 81-88. Англ.*

Сварка является одним из наиболее часто применяемых способов изготовления ответственных стальных конструкций: балок и опор зданий и мостов, рам и кузовов подвижного состава. При этом качество изготовления сварных соединений напрямую влияет на прочность и долговечность конструкций. Используемые в настоящее время технологии изготовления сварных швов включают в себя ультразвуковой контроль в целях повышения надежности и безотказности свариваемых конструкций. Методики проведения ультразвукового контроля регламентируются несколькими стандартами: ГОСТ Р ИСО 17640, СТО-ГК «Трансстрой»-005—2007 и ГОСТ Р 55724, каждый из которых определяет разные способы настройки чувствительности. В этих условиях актуальным является вопрос анализа результатов ультразвукового контроля, выполненного в соответствии с разными нормативными документами. Проведен сравнительный анализ распределения чувствительности ультразвукового контроля по толщине сварного шва с использованием двух цилиндрических контрольных отражателей и настроечных образцов с отражателями типа бокового цилиндрического отверстия и зарубки. Разработан и изготовлен образец с цилиндрическими отражателями диаметрами 2 и 3 мм для настройки чувствительности ультразвукового контроля сварных соединений способом DAC по ISO 17640 и двухзонного контроля прямым и однократно отраженным лучами по СТО-ГК «Трансстрой»-005—2007. Экспериментально установлены закономерности изменения амплитуды и коэффициента выявляемости сигналов от отражателей, расположенных на разной глубине, при различных способах настройки чувствительности на частоте 5 МГц. Экспериментально показано, что использование для выравнивания чувствительности по глубине сварного соединения цилиндрических отражателей и зарубок при толщине изделия до 15 мм эквивалентно с неравномерностью не более 1,5 дБ. Для обеспечения равномерной чувствительности с неопределенностью не более 2 дБ может быть использован метод двухпараметрической временной регулировки чувствительности (ВРЧ), настраиваемый по трем отражателям, расположенным на границах зоны контроля и в средней точке.

См. также **24.03-01.51, 24.03-01.176**

Акустика океана, гидроакустика

24.03-01.241 Модель модернизации военно-промышленного потенциала гидроакустического приборостроения в ходе мобилизации оборонно-промышленного комплекса страны. *Шатохин А.В., Ивакин Ян.А., Леонтьев Ю.Б. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 55-61. Рус.*

Проведение специальной военной операции на Украине объективно вызвало перестройку и мобилизацию работы предприятий оборонно-промышленного комплекса страны. Вместе с тем военно-промышленный потенциал наукоемкого приборостроения, к которому относятся предприятия российской гидроакустики, требует постоянного качественного развития и технологического совершенствования. Это позволяет обеспечивать соответствие создаваемой аппаратуры самым передовым и постоянно возрастающим техническим требованиям. Статья посвящена постановке задачи и определению обобщенной модели оптимизации усилий по совершенствованию военно-промышленного потенциала российского гидроакустического приборостроения в условиях перераспределения приоритетов текущего функционирования и развития всего

оборонно-промышленного комплекса России, обеспечивающего в текущих условиях ведение боевых действий в ходе специальной военной операции.

Звук в глубоком море, подводный звуковой канал

24.03-01.242 Распространение широкополосных звуковых сигналов в области берегового клина при наличии неподвижного ледового покрова. *Луньков А.А., Петников В.Г., Шатравин А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 340-345. Рус.*

Анализируются результаты натурного эксперимента в озере Байкал по измерению кратковременных вариаций времени (длительности) распространения звуковых сигналов на стационарной акустической трассе в береговом клине при наличии неподвижного сплошного ледового покрова. Проведен анализ возможных физических причин наблюдаемых вариаций. По-

лученные результаты позволяют оценить возможную точность акустического позиционирования подводных аппаратов под льдом.

24.03-01.243 Фазо-энергетические инварианты в звуковых полях глубокого и мелкого моря. Аксенов С.П., Кузнецов Г.Н. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 541-546. Рус.

Для анализа свойств фазо-энергетического инварианта (ФЭИ), представленного в виде отношения эффективной групповой к эффективной фазовой скорости (ЭГС / ЭФС) исследуется амплитудно-фазовая структура звукового давления (ЗД). Анализ градиента фазы ЗД в двумерных областях «расстояние—глубина» и «расстояние—частота» выполнен в глубоком и мелком море и позволил установить связь между ФЭИ и интерференционным инвариантом (ИИ) С.Д. Чупрова. Показано, что зависимости ФЭИ, ЭФС и ЭГС от расстояния определяются типом доминирующих нормальных волн и существенно изменяются при переходе из ближней зоны освещенности (БЗО) в зону тени (ЗТ) и в дальнюю зону освещенности (ДЗО). В зоне тени ЭФС и ЭГС заметно отличаются от средней скорости звука в воде, но практически равны ей в зонах с доминирующими водными модами. Установлено, что зоне тени инвариантные зависимости ЭФС и ЭГС от расстояния дают возможность выполнять высокоточное пеленгование и оценку расстояний до источников.

24.03-01.244 Амплитудно-фазовые характеристики полигармонического сигнала в глубоком и мелком море. Аксенов С.П., Кузнецов Г.Н. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 547-552. Рус.

Проведено сравнение эффективности когерентного и некогерентного сложения компонент полигармонического сигнала (ПГС), создаваемого широкополосным источником в глубоком или мелком море. Структура интерферограмм амплитуды и фазы этих сигналов на плоскости «расстояние—частота» зависит от координат расположения источника и приемника. Когерентное сложение отдельных гармонических сигналов (ГС) наиболее эффективно на расстояниях, на которых фазы ГС максимально близки друг к другу — в зонах интерференционных максимумов ближней и дальней зон акустической освещенности, где доминируют «слабодисперсионные» водные моды. В зоне тени глубокого моря, а также в мелком море, где определяющим является вклад мод с ярко выраженной дисперсией, эффективность когерентного сложения компонент ПГС — существенно ниже. Даются рекомендации по применению разработанного метода в звукоподводной связи.

24.03-01.245 Интерференционные инварианты в максимумах гидроакустического поля на глубокой воде. Interference Invariants in Hydroacoustic Field Maxima in Deep Water. Aksekov S.P., Kuznetsov G.N. Acoustical Physics. 2024. 70, № 1, с. 105-115. Англ.

Chuprov's interference invariant (II) well describes the properties of a sound field in shallow water. However, the question of how applicable Chuprov's II concept is to deep water, where the patterns of sound field decay with distance are more complex has been insufficiently studied. Therefore, the authors studied the II properties in the near and far fields of acoustic illumination, as well as in the shadow zone. A new definition of the invariant was proposed and studied, and its characteristics were compared with Chuprov's II as a function of distance, reception and emission depths, and summer or winter propagation conditions. The new invariant is called the phase-energy invariant (PEI), since orthogonal components of the phase gradient are used to describe the spatial sound energy distribution. The stability of the new invariant, its independence on different influencing factors, and its natural change with distance from zero to one are shown. It has been established that in winter conditions, at almost all distances, the PEI is equal to unity, and the II does not have stable values and varies jumpwise over a very wide range. In summer conditions, in the shadow zone, with increasing distance, the PEI increases, just like the II, from close to zero to one. In the near and far fields of

acoustic illumination, the PEI is approximately equal to unity, and the II in these zones, both in summer and winter, is characterized by unlimited oscillations, caused by division by a value close to zero. It is shown that the definition of PEI is valid both in single-mode waveguides and in free unbounded space with a dispersive medium.

24.03-01.246 Модели распространения акустических сигналов и шумов в океанических волноводах с взволнованной поверхностью и эффективность пространственной обработки сигналов. Раевский М.А., Бурдуковская В.Г. Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 12, с. 1068-1093. Рус.

Для акустических волноводов с нерегулярной свободной границей исследуется эффективность пространственной обработки сигналов на апертуре вертикальной и горизонтальной антенных решёток. Основное внимание уделяется совместному использованию статистических моделей сигнала и шума, генерируемого вблизи границы волновода дипольными источниками, и оптимальных алгоритмов обработки частично когерентных сигналов. Предлагаемые модели сигнала и шума учитывают эффекты многократного рассеяния акустических мод. На основании полученных теоретических результатов проведены компьютерные расчёты коэффициента усиления антенных решёток различной ориентации для океанического волновода с взволнованной поверхностью и регулярными параметрами, характерными для мелкого моря. Анализируются зависимости коэффициентов усиления антенной решётки от дистанции и скорости ветра для различных алгоритмов пространственной обработки. Обсуждается влияние на эти результаты межмодовых корреляций сигнала и статистической модели шума.

24.03-01.247 Интерактивные приложения инженера-гидроакустика. Львов К.П. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 11-18. Рус.

Рассмотрено прикладное программное обеспечение (приложение) по распространению звука в Мировом океане. Приложение ориентировано на инженеров-гидроакустиков и производит расчеты по данным термохалинных полей: вертикального распределения скорости звука, среднегармонического значения скорости звука, поглощения звука, а также коррекции эхолотовой глубины на основе оцифрованных таблиц Картера, глубины по давлению и широте, давления по глубине и широте. Приложения разработаны в среде операционной системы WINDOWS с графическим интерфейсом GUI. Приведены снимки экранов работы приложений. Одно из приложений использует ежедневные данные термохалинных полей системы усвоения океанографических данных ГМЦ РФ, другое — помесячные данные термохалинных полей электронного атласа WOA18. Приложения используют формулы стандарта TEOS-10, формулу Чена—Миллера (1977) и электронные таблицы Картера. В статье кратко изложены алгоритмические аспекты компьютерных интерактивных приложений.

24.03-01.248 Гидроакустический комплекс для термометрии мезомасштабных океанологических процессов. Разживин В.В., Тагильцев А.А., Безответных В.В., Лебедев М.С., Войтенко Е.А., Голов А.А., Моргунов Ю.Н. Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 4, с. 52-62. Рус.

Работа посвящена вопросам практического применения гидроакустических методов дистанционного измерения температурных параметров морской среды на трассах значительной протяженности (от сотен до тысяч километров), охватывающих участки шельфа, материкового склона и область глубинного подводного звукового канала. Разработанный для реализации этих методов низкочастотный гидроакустический комплекс основан на синхронизированном излучении и приеме фазоманипулированных сигналов с определением дистанции и времени пробега звука по ней для последующего расчета скорости звука и связанного с ней искомого параметра — средней температуры на акустической трассе. В статье даются сведения о физических и методических предпосылках технической реализации натурного эксперимента, осуществленного в Японском море в 2022 году. Приведены технические решения элементов комплекса, выполнена оценка чувствительности и погрешности

используемого метода акустической термометрии. Результаты выполненной работы направлены на увеличение дальности действия и повышение разрешающей способности гидроакустического комплекса, что определяет его применимость для мониторинга мезомасштабных процессов в морском или океаническом бассейне, а также как инструмента для оценки климатических изменений.

Акустика мелкого моря

24.03-01.249 Влияние подводных хребтов на фронтальные течения в Мировом океане. *Елкин Д.Н., Зацепин А.Г.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премииум-принт». 2018, с. 65-67. Рус.

24.03-01.250 Модель горизонтального слоя смешения в мелкой воде. *Ляпидевский В.Ю., Чесноков А.А.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премииум-принт». 2018, с. 111-114. Рус.

В рамках трехслойной схемы течения выведена длинноволновая модель эволюции горизонтального слоя смешения в открытом канале. Основное внимание уделяется изучению процесса перемешивания в мелкой воде, обусловленного развитием неустойчивости Кельвина—Гельмгольца и действием донного трения. Выполнена верификация модели путем сравнения ее решений с известными экспериментальными данными. Интерес к изучению горизонтального перемешивания в тонких слоях жидкости обусловлен геофизическими и техническими приложениями. Характерными примерами таких течений в природе являются слои смешения и струи, возникающие в районах слияния или устьях рек, а также вихревые следы, формирующиеся при обтекании островов и других препятствий. Как правило, развитие сдвиговой неустойчивости может быть описано в рамках теории мелкой воды. При этом характер течения определяется взаимодействием горизонтальных вихрей, возникающих на нелинейной стадии развития неустойчивости Кельвина—Гельмгольца, и донным трением, обусловленным малой глубиной водоема. Экспериментальное исследование горизонтальных слоев смешения показывает, что для достаточно глубоких слоев, а также на начальной стадии развития неустойчивости в более тонких слоях жидкости, донное трение не оказывает существенного влияния. При уменьшении глубины слоев, движущихся с разными скоростями, рост промежуточного слоя смешения прекращается на некотором расстоянии от места слияния потоков. Полуэмпирическая модель формирования горизонтального слоя смешения предложена и верифицирована ранее. Цель данной работы состоит в построении и верификации уравнений трехслойного течения жидкости со свободной поверхностью с учетом донного трения и перемешивания в промежуточном слое.

24.03-01.251 Моделирование нерегулярных волн и динамики твердого тела на открытой воде. *Стрижак С.В.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премииум-принт». 2018, с. 143-145. Рус.

24.03-01.252 Исследование нелинейной устойчивости специальных классов решений уравнений мелкой воды на вращающейся плоскости. *Турцынский М.К.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премииум-принт». 2018, с. 160-163. Рус.

24.03-01.253 Модовая структура широкополосного звукового поля в мелководном волноводе с неоднородным водоподобным дном. *Сидоров Д.Д., Луньков А.А., Петников В.Г.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 262-267. Рус.

В рамках численного моделирования рассматривается широкополосное звуковое поле на частотах 50—500 Гц, формируемое точечным источником в шельфовой зоне глубиной около 30 м в переходной области между акустически мягким и аку-

стически жестким дном. Трасса распространения звука ориентирована либо вдоль границы раздела между двумя типами дна, либо поперёк. Для расчетов звукового поля используется модовое описание и параболические уравнения. Продемонстрировано заметное влияние морского дна на характеристики акустического поля, зависящее от частоты и направления распространения звуковых волн по отношению к границе раздела. Показано, что на частотах 50—70 Гц (в одномодовом режиме) при распространении звука вдоль переходной области проявляется горизонтальная рефракция, которая приводит к значительному увеличению регистрируемой амплитуды импульса (до 65 дБ). При поперечном распространении на частотах более 100 Гц вследствие межмодового взаимодействия возникает модуляция амплитуд мод в частотной области.

24.03-01.254 О возможности наблюдения сигнала послевестника в мелководных акваториях с газонасыщенным дном. *Григорьев В.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 268-273. Рус.

Рассмотрено распространение низкочастотного звукового импульса в мелководном волноводе, состоящем из трех жидких слоев: водного слоя (толщиной 30 м, со скоростью звука 1500 м/с), слоя газонасыщенных осадков (0.4 м, 300 м/с) и нижнего полупространства (1560 м/с). Подобная ситуация имеет место на озере Кинерет (Израиль). Показано, что при расположении источника и приемника вблизи дна на расстоянии порядка 10 глубин волновода друг от друга, в принимаемом сигнале хорошо наблюдаются два типа импульсов, значительно разделенных по времени прихода. Сначала приходит группа импульсов, соответствующая скорости звука в водном слое. Затем приходит необычный импульс — послевестник. Он приходит с существенной задержкой и соответствует распространению звука в низкоскоростном газонасыщенном слое осадков. Модовый анализ показывает, что послевестник представляет собой весьма необычную первую моду (так называемую втекающую нормальную моду), захваченную газонасыщенным слоем подобно подводному звуковому каналу в океане. Скорость распространения послевестника оказывается близка к скорости звука в газонасыщенном слое, что дает возможность оценки этой скорости по времени прихода послевестника.

24.03-01.255 Особенности гидроакустических и донных поверхностных волн на береговом склоне. *Заславский Ю.М., Заславский В.Ю.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 284-289. Рус.

Теоретически анализируется распространение коротких импульсных волновых пучков в прибрежной акватории (шельф) вверх по наклонному береговому склону при их возбуждении гидроакустическим источником. Выполняется 3D-численное моделирование на основе применения метода конечных элементов, результаты иллюстрируются в виде планарных рельефов гидроакустической и донной поверхностной волны, отвечающих некоторым моментам времени задержки на текущей виде съемке. Расчеты относятся к двум видам донной среды — жесткий скальный грунт и мягкий рыхлый грунт. Исследуется особенность, интерпретируемая как азимутальная анизотропия скорости распространения гидроакустических волн, которая проявляется как в условиях жесткого дна, так и рыхлого донного грунта. Сравнение рельефов обоих волновых типов позволяет продемонстрировать зависимость скорости гидроакустической волны, распространяющейся вдоль направлений, перестраиваемых от осевого ко все более скошенным по углу азимута.

24.03-01.256 Наблюдение устойчивых компонент звукового поля в озере Кинерет. *Вировлянский А.Л., Казарова А.Ю., Кацнельсон Б.Г.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 290-295. Рус.

Представлен анализ импульсных звуковых полей, зарегистрированных вертикальной решеткой в озере Кинерет (Из-

райль). Рассмотрен переход от традиционного представления комплексной амплитуды принимаемого поля как функции глубины и времени к функции, описывающей распределение поля в фазовом пространстве "глубина—угол—время". Переход осуществляется с помощью заимствованного из квантовой теории разложения по когерентным состояниям. Благодаря отсутствию многолучевости и проблем с каустиками распределение звукового поля в фазовом пространстве менее чувствительно к возмущениям окружающей среды и поэтому более устойчиво и предсказуемо, чем в конфигурационном пространстве. В найденном распределении интенсивности поля в фазовом пространстве четко выделяются вклады устойчивых компонент звукового поля, формируемых отдельными пучками лучей.

24.03-01.257 Потери усиления вертикальной антенной решетки в условиях рассогласования модели подводного канала: оценки требований к точности модели. Малеханов А.И., Смирнов А.В. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 302–309. Рус.

В развитии недавних работ, представлены результаты численного моделирования влияния частичной априорной неопределенности модели волновода мелкого моря на эффективность пространственной обработки сигналов с помощью вертикальной антенной решетки (АР). Предполагается, что сигнальное и помеховое поля на входе АР создаются удаленными локализованными источниками и принимаются на фоне динамических шумов моря, возбуждаемых с поверхности. Частичная неопределенность, или рассогласование модели канала с реальной средой, моделируется путем варьирования профиля скорости звука в водном слое и геоакустических параметров дна в окрестности тех значений, для которых рассчитываются характеристики АР в соответствии с выбором методов обработки сигналов. Рассматриваются три метода: согласованная (matched-field) фильтрация сигнального поля, согласованная фильтрация одной из мод сигнального поля, имеющей наибольшее отношение сигнал/(шум+помеха) (ОСШП), и обработка, оптимальная по критерию максимума ОСШП на выходе АР. Получены оценки допустимых отклонений указанных параметров модели, при которых потери усиления АР по величине ОСШП для указанных методов обработки не превышают 3 дБ. Показано, что наиболее точного контроля требуют величины скорости звука в водной толще и подстилающем дне.

24.03-01.258 Фазовый механизм устойчивости вихря вектора плотности потока акустической энергии в мелком море. Щуров В.А., Ткаченко Е.С., Ляшков А.С., Щеглов С.Г. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 347–352. Рус.

На примере реального вихря вектора плотности потока акустической энергии показана динамика самосогласованной перестройки разности фаз между компонентами акустического поля внутри вихря в условиях мелкого моря. Устойчивость вихря обусловлена вращением вектора колебательной скорости частиц среды в потенциальной яме акустического давления. Вводится выражение динамической характеристики — механического собственного момента импульса вихря. Вертикальная реактивная z -компонента плотности потока энергии достигает в потенциальной яме вихря максимального значения, активная z -компонента стремится к нулю и отлична от нуля только вне вихря.

24.03-01.259 ADCP как мощный инструмент акустической океанологии: 15-летний опыт исследований различных процессов и явлений на морских шельфах. Себряный А.Н., Тарасов Л.Л. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 366–371. Рус.

Пятнадцатилетний опыт работы с ADCP «Rio Grande 600 kHz» в шельфовых зонах морей позволил нам собрать большой массив данных о происходящих там процессах, а также зарегистрировать ряд необычных явлений, описанию которых посвящена эта работа. Показано разнообразие изученных про-

цессов и зарегистрированных аномальных явлений, наблюдавшихся в разных районах Черного и Японского морей. Помимо площадных съемок, которые дают представление о направлении и силе течений на шельфе морей, что является решением традиционной задачи для прибора, будет показано использование прибора для изучения внутренних волн и сопровождающих их процессов. Это обнаружение нового механизма генерации внутренних волн при столкновении течений. Регистрация внутренних волн рекордных амплитуд в Черном море и необычно долгое сопровождение их на шельфе косяком рыб. Докладные данные о воздействии проходящего над морем шквала на характер течения в поверхностном слое моря. Также приведены примеры необычных гидродинамических явлений для идентификации которых требуется проводить дополнительный анализ.

24.03-01.260 Статистические характеристики высокочастотных гидроакустических шумов на мелководье. Горовой С.В. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 408–413. Рус.

Описаны результаты экспериментального исследования изменчивости спектральных уровней и гистограммных оценок плотности распределения вероятностей мгновенных значений гидроакустических шумов, в которых присутствуют техногенные составляющие, зарегистрированных в мелководном прибрежном районе залива Петра Великого Японского моря, вблизи акватории порта Владивосток, в диапазоне частот 1–400 кГц при состоянии моря 2 и 5 баллов. Регистрация сигналов выполнялась с использованием расположенного вблизи дна широкополосного ненаправленного гидрофона. Полученные результаты могут быть полезны для обоснования выбора параметров систем обнаружения гидроакустических сигналов на мелководье.

24.03-01.261 Сравнительный анализ характеристик гидроакустических шумов на мелководье, воспринимаемых векторными приемниками различных типов. Гончаренко Б.И., Горовой С.В., Дмитриев В.Г. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 414–419. Рус.

Описаны результаты экспериментального исследования изменчивости оценок плотности распределения вероятностей мгновенных значений гидроакустических шумов, в которых присутствуют техногенные составляющие, зарегистрированных в мелководном прибрежном районе залива Петра Великого Японского моря. Регистрация сигналов выполнялась расположенными рядом вблизи дна векторными приемниками: электрокинетического (с «неподвижным» корпусом) и «соколеблющегося» типа, а также ненаправленным гидрофоном давления. Показано, что в одно и то же время в различных частотных полосах могут наблюдаться различные зависимости исследуемых статистических параметров, обусловленные особенностями механизмов шумообразования и «физики работы» приемников.

24.03-01.262 Экспериментальное исследование акустического шумового воздействия судна на воздушной подушке. Веденев А.И., Кочетов О.Ю., Луньков А.А., Шуруп А.С. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 420–426. Рус.

Представлены результаты измерений характеристик воздушного и подводного шума судна на воздушной подушке (СВП) «Каспиан Фалькон», проведенных в Урало-Каспийском канале в период хода рыб на нерест и гнездования птиц весной 2022 г. Измерения проводились с целью оценки шумового воздействия на орнито- и ихтиофауну дельты р. Урал. Отличительной особенностью проведенных экологических исследований было использование приемника колебательной скорости (ПКС) градиентного типа разработки ИОРАН. Важность оценки значений колебательной скорости определяется тем, что слух большой части рыб воспринимает звук не по давлению, а колебанию частиц среды. Полученные в работе оценки уровней подводного и воздушного шума и дистанций до границ зон безопасности для орнито- и ихтиофауны указывают на преимущества использо-

вания СВП в районах с повышенными требованиями к экологической безопасности.

24.03-01.263 Сравнение характеристик энергетического и фазового инвариантов в мелком море. Кузнецов Г.Н., Степанов А.Н. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 553-558. Рус.*

Впервые совместно анализируются обобщенные дифференциальные уравнения, устанавливающие связь со свойствами волновода энергетического инварианта Чупрова и открытого авторами фазового инварианта, построенных на двумерном поле интенсивности и на двумерной фазовой плоскости. Показано, что оба инварианта отличаются устойчивостью к изменению характеристик волновода и свойств сигналов. Впервые установлена связь между инвариантами, а также, что накопление мощности сигналов вдоль гребней или вдоль линий с постоянными фазами ограничивается на поле интенсивности появлением новых мод, а на фазовой плоскости — дислокациями.

24.03-01.264 Экспериментальная оценка координат неподвижных и движущихся шумовых источников в мелком море. Кузнецов Г.Н., Мищенко А.Н. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1166-1171. Рус.*

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

24.03-01.265 Акустические характеристики морского дна и их влияние на дальнейшее распространение звука на арктическом шельфе. Луньков А.А., Григорьев В.А., Петников В.Г. *УФН. 2024. 194, № 2, с. 184-207. Рус.*

Представлен обзор результатов исследований дальнего распространения низкочастотных акустических волн в мелководных акваториях на расстояниях, много больших, чем глубина водного слоя. Основное внимание уделено особенностям формирования звуковых полей, обусловленным неоднородностями структуры морского дна. Особо отмечено влияние физических характеристик дна на затухание и рефракцию акустических волн. Акцент сделан на распространение звука на арктическом шельфе, где неоднородности верхнего слоя донных осадочных пород выражены особенно ярко. Приведены примеры указанных неоднородностей, полученные при 3D сейсморазведке и малоглубинном бурении морского дна.

24.03-01.266 Метод матричного пропегатора для рассеяния звука на статистических неровностях дна. Макаров Д.В., Петров П.С., Улейский М.Ю. *Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 3, с. 73-82. Рус.*

Рассматривается задача о распространении звука в мелком море в присутствии случайных неровностей дна. В модовом представлении эволюция акустического поля может быть описана с помощью матричного пропегатора. В работе предложен метод расчета случайных матриц пропегатора, основанный на теории возмущений для матричных операторов и адаптированный для мелкого моря. За основу взята модель двумерного распространения звука, описываемого широкоугольным параболическим уравнением. В рамках предлагаемого метода влияние мод, распространяющихся внутри осадочного слоя, учитывается с помощью добавок к модовым коэффициентам затухания. Рассмотрена модель неоднородности, описываемая случайным процессом Орнштейна—Уленбека, и получены аналитические оценки для матричных элементов пропегатора. В качестве примера для численного моделирования рассмотрена модель мелководного акустического волновода с придонным звуковым каналом. Проведен статистический анализ распространения тональных звуковых сигналов с частотами 100, 200 и 400 Гц. Получены статистические оценки горизонтальных вариаций модового спектра и индекса мерцания отдельных мод акустического поля. Исследована зависимость рассеяния звука от ради-

уса корреляций неровности. Показано, что обусловленное рассеянием межмодовое взаимодействие на сравнительно малых расстояниях увеличивает затухание мод, а на больших — способствует замедлению затухания и отклонению от экспоненциального закона спада интенсивности. Индекс мерцания демонстрирует быстрый нелинейный рост на малых расстояниях, который в дальнейшем сопровождается достижением насыщения.

24.03-01.267 Экспериментальное исследование звуковых полей инфразвукового диапазона в береговом клине. Касаткин Б.А., Злобина Н.В., Касаткин С.Б. *Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 3, с. 83-96. Рус.*

Рассмотрены два модельных решения граничной задачи Пеке-риса, классическое и обобщенное. Звуковое поле, которое формируется в условиях берегового клина в инфразвуковом диапазоне частот, наилучшим образом подходит для экспериментальной верификации указанных модельных решений. В работе приводятся экспериментальные результаты такой верификации в условиях, когда различия в модельном описании звуковых полей становятся наиболее значимыми. К наиболее значимым различиям модельных решений, которые исследуются в настоящей работе, относятся резонансная структура звукового поля в мелком море и мелкомасштабная знакопеременная структура вихревой составляющей вектора интенсивности, которая становится доминирующей составляющей звукового поля в зоне интерференционных минимумов звукового давления. Для исследования этих особенностей наилучшим образом подходят комбинированные приёмники, позволяющие измерять полный набор характеристик звукового поля в скалярно-векторном описании.

24.03-01.268 Исследование гидрологических характеристик водной среды в районе Курильских островов. Москвитин А.А., Тихончук Е.А. *Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 4, с. 78-86. Рус.*

Исследования структуры термохалинных и гидроакустических полей Курильских проливов сохраняют свою актуальность до настоящего времени в связи с отсутствием ясного представления о роли каждого отдельного пролива в водообмене Охотского моря с Тихим океаном. Изучение особенностей структуры вод в районе Курильской гряды является важным при решении задач построения долгосрочных прогнозов для Охотского моря. В статье рассмотрены результаты природных исследований, выполненных в ходе экспедиции СКБ САМИ ДВО РАН в районе Курильских островов. Выявлены особенности формирования термохалинной и гидроакустической структуры вод в проливах Екатерины и Фриза. Наибольший диапазон изменений значений скорости звука наблюдается в проливе Екатерины. В проливе Фриза отмечены наиболее низкие значения температуры воды и скорости распространения звука. В результате проведения экспедиции получены данные гидрологических характеристик морских вод в районе островов Уруп и Итуруп. Показаны различия параметров водной среды между охотоморским и тихоокеанским побережьями Курильских островов. В ходе работ были оценены возможности применения позиционной автономной гидрофизической станции для измерения параметров состояния водной среды в сложных гидродинамических условиях. Данная измерительная платформа может применяться для автоматического мониторинга морской среды в целях контроля гидрофизических и гидрохимических параметров акватории.

См. также [24.03-01.50](#), [24.03-01.242](#), [24.03-01.243](#), [24.03-01.244](#)

Взаимодействие звука с внутренними волнами и течениями

24.03-01.269 Генерация вертикальной тонкой структуры внутренними волнами на сдвиговом течении. Слепыхов А.А., Анкудинов Н.О. *Мор. гидрофиз. ж.* 2024. 40, № 2, с. 180-197. Рус.

Цель. Исследование волнового механизма генерации тонкой структуры. Определение вертикальных волновых потоков мас-

сы — цель настоящей работы. Методы и результаты. В отличие от применявшегося ранее механизма образования тонкой структуры внутренними волнами за счет обрушений предложен новый подход, основанный на определении вертикальных волновых потоков массы в поле инерционно-гравитационной внутренней волны без обрушений. Рассматриваются инерционно-гравитационные внутренние волны на северо-западном шельфе Черного моря на течении с вертикальным сдвигом скорости. Течение предполагается геострофически сбалансированным, вертикальные сдвиги скорости компенсированы горизонтальным градиентом плотности. Используется приближение f -плоскости. Таким образом, применима классическая схема описания волнового поля уравнениями гидродинамики при учете нелинейных эффектов. Применяется слабонелинейный подход. В линейном приближении собственная функция и дисперсионное соотношение находятся путем численного решения краевой задачи, определяющей вертикальную структуру моды при наличии среднего течения. При этом частота волны комплексная, так как коэффициенты в дифференциальном уравнении указанной краевой задачи комплексные. В зависимости от периода волны и номера моды возможно, как слабое затухание, так и слабое усиление волны. Собственная функция внутренних волн тоже комплексная. Поэтому вертикальные волновые потоки массы и вертикальная составляющая скорости стока дрейфа отличны от нуля и приводят к генерации вертикальной тонкой структуры, имеющей необратимый характер. Выводы. Учет горизонтальной неоднородности поля средней плотности усиливает эффект генерации вертикальной тонкой структуры инерционно-гравитационными внутренними волнами при наличии двумерного сдвигового течения. Вертикальные волновые потоки массы также увеличиваются. Указанные потоки и генерируемая тонкая структура для волн разных частот близки, и эффект усиливается при наличии волн разных частот.

См. также 24.03-01.66, 24.03-01.259, 24.03-01.266

Статистическая гидроакустика

24.03-01.270 Быстрый аналитико-численный алгоритм вычисления временных историй волн цунами и его реализация в МАТНЕМАТИСА. *Толченников А.А. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премюм-принт». 2018, с. 153-154. Рус.*

24.03-01.271 Локализация источника в переменном по трассе волноводе с использованием адаптивного алгоритма пониженного ранга. *Сазонтов А.Г. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 328-333. Рус.*

Рассмотрена задача о локализации акустического источника в переменном по трассе волноводе, в котором происходит взаимодействие нормальных волн, приводящее к связи между их амплитудами. Для рассматриваемого сценария построен адаптивный алгоритм пониженного ранга, учитывающий отличие ожидаемой реплики сигнала от истинной, и не требующий знания соответствующих элементов матрицы связи. Путем статистического моделирования установлено, что реализованный способ оценивания, дает значительное преимущество в достигаемой с его помощью вероятности правильной локализации по сравнению с традиционным методом MUSIC, не учитывающим эффекты взаимодействия мод.

См. также 24.03-01.40, 24.03-01.260, 24.03-01.261, 24.03-01.269

Лучевое распространение звука в океане

См. 24.03-01.57, 24.03-01.266

Гибридные и асимптотические теории

24.03-01.272 Обобщение ВКБ метода для решения системы, описывающей распространение связанных

мод в подводной акустике. *Казак М.С., Петрова Т.Н., Петров П.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 274. Рус.*

A generalization of the WKBJ method for the case of coupled modes propagation in problems of underwater acoustics is proposed. The generalized WKBJ ansatz has the form of a product of a matrix of phase factors and vector of amplitudes. The transport equation in the matrix form is derived, and the phase factors are computed exactly. The similarities and differences with other forms of mode coupling equations are discussed. A numerical example demonstrating the accuracy of the generalized WKBJ solution is presented.

24.03-01.273 Метод расчёта векторных акустических полей на основе модовых параболических уравнений. *Тыщенко А.Г., Козицкий С.Б., Петров П.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 275. Рус.*

24.03-01.274 Псевдодифференциальные модовые параболические уравнения с учетом взаимодействия мод. *Петров П.С., Тыщенко А.Г., Эрхардт М. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 276. Рус.*

A generalization of the WKBJ method for the case of coupled modes propagation in problems of underwater acoustics is proposed. The generalized WKBJ ansatz has the form of a product of a matrix of phase factors and vector of amplitudes. The transport equation in the matrix form is derived, and the phase factors are computed exactly. The similarities and differences with other forms of mode coupling equations are discussed. A numerical example demonstrating the accuracy of the generalized WKBJ solution is presented.

См. также 24.03-01.52

Скорость, затухание, рефракция и дифракция

См. 24.03-01.49, 24.03-01.50, 24.03-01.57, 24.03-01.58, 24.03-01.242, 24.03-01.253

Рассеяние на шероховатой поверхности

24.03-01.275 Влияние ледовой "шуги" на затухание звука и структуру акустического поля в море. *Буланов В.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 334-339. Рус.*

В приповерхностном слое моря в осенне-зимний и весенне-зимний периоды часто наблюдается ледовая "шуга" (ЛШ) — повышенная концентрация центров кристаллизации — льдинок разных размеров, которая особенно сильно усиливается при сильном ветре и волнении. При сильном ветре вовлечение слоя ЛШ в переохлажденную морскую воду может достигать глубины в несколько метров. Наличие слоя ЛШ, может приводить к изменению акустических свойств верхнего слоя морской воды, которая по многим свойствам становится многокомпонентной микронеразоднородной жидкостью. Для такой жидкости типичным являются избыточное поглощение и дисперсия скорости звука. Показано существенное влияние периодически чередующихся процессов кристаллизации-плавления на поверхностях льдинок в акустической волне на частотные и концентрационные зависимости акустических характеристик. Обнаружено, что наиболее значительное влияние фазовых превращений наблюдается на относительно низких частотах и при малых размерах центров кристаллизации. Проанализировано влияние ЛШ на затухание и структуру акустического поля в море. Выявлено существенное влияние ЛШ на характер пространственного спада при распространении звука при достаточно типичных концентрациях ледовой компоненты в морской воде в приповерхностных слоях моря.

Излучение колеблющихся под водой объектов, импеданс

См. 24.03-01.89, 24.03-01.90

Подводные приложения нелинейной акустики, взрывы

См. 24.03-01.74, 24.03-01.259

Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

24.03-01.276 Волновые явления во льду на пластическом фрикционном контакте. *Епифанов В.П.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 67-72. Рус.

Теоретически и экспериментально на примере пресноводного льда, помещённого в матрицу высокого давления или находящегося в гидростатическом ядре, исследуется влияние импульсов давления на формирование вторичной структуры и внутренних трещин.

24.03-01.277 Опыт восстановления пространственного положения буксируемой сейсмокоды по магнитометрическим данным с навесных управляемых заглубителей. *Ларичев В.А., Максимов Г.А., Смирнов В.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 391-396. Рус.

Представлена методика позиционирования буксируемой сейсмокоды по магнитометрическим данным и результаты морских испытаний отечественной системы позиционирования буксируемых сейсмокод по данным с навесных управляемых заглубителей, разработанных в АО АКИН. Проведено сравнение результатов позиционирования по данным заглубителей АО АКИН и по данным заглубителей DigiCourse ION Geophysical.

24.03-01.278 Траектории частиц жидкости под ледяным покровом в поле уединённой изгибно-гравитационной волны. *Ильичев А.Т., Савин А.С., Шашков А.Ю.* Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 10, с. 848-861. Рус.

Рассматривается слой жидкости конечной глубины, описываемый уравнениями Эйлера. Ледяной покров моделируется геометрически нелинейной упругой пластиной Кирхгоффа—Лява. Находятся траектории частиц жидкости под ледяным покровом в поле нелинейной поверхностной бегущей волны, быстро убывающей на бесконечности. Приводимый анализ использует явные асимптотические выражения для решений, описывающих волновые структуры на поверхности раздела вода-лёд типа классической уединённой волны малой, но конечной амплитуды. Используются также асимптотические решения для поля скоростей в толще жидкости, генерируемого этими волнами.

24.03-01.279 Волновое сопротивление тонкого тела при нестационарном движении под ледяным покровом. *Погорелова А.В., Земляк В.Л., Козин В.М.* Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2024. 17, № 1, с. 73-83. Рус.

Статья посвящена теоретическому исследованию прямолинейного нестационарного движения тонкого тела в жидкости вблизи свободной поверхности и ледяного покрова. Рассматривается идеальная несжимаемая жидкость, движение жидкости потенциальное. Ледяной покров моделируется плавающей вязкоупругой пластиной. Вязкоупругие свойства льда описываются моделью Кельвина—Фойгхта. Тонкое тело заданной формы в потоке жидкости моделируется обтеканием системы источников-стоков. Рассматриваются различные режимы движения тела: ускорение, торможение, движение с заданной скоростью. Анализируется влияние ледяного покрова, ускорения и торможения тела на его волновое сопротивление. Получено, что нестационарные режимы движения (ускорение и торможение) существенно влияют на волновое сопротивление тон-

кого тела. Движение с малым начальным ускорением позволяет уменьшить амплитуду первого по времени горба волнового сопротивления. При торможении тела до полной остановки кривая волнового сопротивления носит колебательный характер. Уменьшение коэффициента торможения приводит к уменьшению амплитуды осцилляций кривой волнового сопротивления. Наличие ледяного покрова сглаживает горб волнового сопротивления при ускорении и уменьшает количество осцилляций и их амплитуду при торможении. Ключевые слова: ледяной покров, изгибно-гравитационные волны, погруженное тонкое тело, нестационарное движение, волновое сопротивление.

См. также 24.03-01.242, 24.03-01.254, 24.03-01.265, 24.03-01.275

Подводные шумы, механизмы генерации и характеристики полей

24.03-01.280 Влияние ветрового волнения и межмодовых корреляций на эффективность пространственной обработки акустических сигналов в океанических волноводах. *Раевский М.А., Бурдуковская В.Г.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 278-283. Рус.

Исследуется влияние межмодовых корреляций на эффективность пространственной обработки сигнала в океанических волноводах со взволнованной поверхностью. Предложен алгоритм расчета корреляционной матрицы сигнала на апертуре горизонтальной антенной решетки (АР), учитывающий интерференционную структуру акустического поля в звуковом канале. Приведены результаты численного моделирования для гидрологических условий Баренцева моря в зимний период.

24.03-01.281 Низкочастотное шумовое поле глубокого океана над подводной горой. *Клячкин Б.И.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 403-407. Рус.

Низкочастотное шумовое поле глубокого слоистого океана формируется узким пучком водных лучей. Если в океанической среде существуют значительные горизонтальные неоднородности — это может приводить к сильному искажению траекторий этих водных лучей. В результате, неоднородности среды могут вызвать неоднородности шумового поля. Ранее были рассмотрены неоднородности поля, вызываемые холодными вихрями и разломами дна океана. Одной из наиболее распространенных неоднородностей океана являются подводные горы. В данной работе исследуется влияние такой горы на шумовое поле. Это влияние может быть значительным (искажения поля около 20 дБ, по сравнению со слоистой средой), и не значительным (искажения — не более чем единицы децибел). Обсуждаются особенности океанической среды и горы, которые приводят к этим ситуациям.

24.03-01.282 Метод локализации источника широкополосного шумового сигнала горизонтальной линейной антенной в зоне Френеля вблизи границы «вода—воздух». *Консон А.Д., Волкова А.А.* Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2024. 17, № 1, с. 84-94. Рус.

Рассмотрены способы приема широкополосного шумового сигнала горизонтальной линейной протяженной антенной в зоне Френеля вблизи границы среды (поверхности), позволяющие одновременно с обнаружением определять направление, расстояние до источника и глубину его погружения. Исследовано явление, возникающее при нахождении источника и приемника сигнала вблизи границы среды вода-воздух, когда от источника к приемнику приходят два луча (прямой и отраженный от поверхности). Оператор компенсации задержек сигнала, принимающего на М приёмников антенны, дает фокусировку приёмной системы в точку предполагаемого расположения источника. При двухлучевом сигнале это может приводить к появлению двух точек фокусировки в пространстве по расстоянию. Показано, что в зависимости от взаимного расположения источника и приемника фокальные пятна могут быть заметны разнесены по расстоянию или практически сливаться. Для

первого случая предложен метод расчета глубины погружения источника при известных расстояниях до двух фокальных пятен. Когда фокальные пятна не разделяются, предложен метод консолидированной обработки сигнала, в котором осуществляют дополнительное сканирование временных задержек по возможным запаздываниям сигнала между лучами, при этом задержка единая на всех элементах антенны. Показано, что при получении максимальной мощности сигнала введенное запаздывание будет функционально связано с глубиной погружения источника, что позволяет в предложенном методе осуществлять совместное определение направления, расстояния и глубины погружения источника. Кроме того, показано, что метод консолидированной обработки позволяет увеличить мощность принимаемого сигнала в точке максимального отклика до 50% относительно традиционного алгоритма приема сигнала горизонтальной линейной антенной в зоне Френеля. Исследование проведено методом компьютерного моделирования. Ключевые слова: гидроакустика, шумопеленгование, зона Френеля, ближняя зона, горизонтальная антенна, консолидированная обработка, расстояние, глубина погружения.

См. также **24.03-01.74, 24.03-01.89, 24.03-01.90, 24.03-01.262**

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

24.03-01.283 О сложностях, возникающих при дистанционной акустической диагностике донных дискретных случайных неоднородностей. *Гвоздков Е.М., Грязнова И.Ю., Лабутина М.С., Седунов И.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 559-564. Рус.*

Известно, что наиболее простым и экологичным способом обнаружения полезных ископаемых типа ЖМК является дистанционное акустическое зондирование дна океана. В основе акустических методов обнаружения ЖМК лежит различие акустических импедансов конкреций и подстилающих их пород. Проведенные на кафедре акустики ННГУ модельные исследования показали возможность определения средней концентрации дискретных случайных неоднородностей по изменениям средней интенсивности обратно рассеянного акустического сигнала. Принято считать, что средняя интенсивность обратного рассеяния пропорциональна квадрату средней поверхностной концентрации дискретных случайным образом расположенных конкреций. Однако, при наличии даже незначительного отражения акустических волн от подстилающей рассеивателя поверхности уже не наблюдается монотонный рост средней интенсивности рассеянного сигнала с увеличением средней концентрации дискретных неоднородностей. Также на решение обратной задачи акустики оказывают влияние такие факторы, как коррелированность взаимного расположения рассеивателей на дне и статистика их распределения по размерам, что значительно усложняет акустическую диагностику неоднородностей.

24.03-01.284 Оценка доплеровского смещения сложными сигналами в гидроакустическом волноводе. *Буренин А.В., Диденко В.В. Подводные исследования и робототехника. 2024. 37, № 1, с. 19-30. Рус.*

Представлена методика оценки доплеровского смещения частоты зондирующего сигнала. Методика базируется на применении сигнального пакета, состоящего из идентичных сигналов с «хорошими» автокорреляционными свойствами, и операции «свертки» принятого сигнала с самим собой на приемнике. Приведены результаты экспериментальной апробации методики, проведенной 17 августа 2013 года. Полученные натурные данные сравниваются с измерениями системы GPS и алгоритмами оценки доплеровского смещения.

См. также **24.03-01.26, 24.03-01.217, 24.03-01.245, 24.03-01.248**

Акустика глобальных масштабов, термометрия и дальняя подводная связь

См. **24.03-01.173, 24.03-01.248, 24.03-01.275**

Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

24.03-01.285 Нелинейная акустика в исследованиях океана. *Тарасов С.П., Пивнев П.П. Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20–23 сентября 2021 г. Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021, с. 64-78. Рус.*

Рассмотрены гидроакустические параметрические системы и методы нелинейной акустики в исследованиях океана и арктического шельфа. Приведено краткое описание наиболее перспективных направлений развития гидроакустических систем с параметрическими излучающими антеннами. Приводятся характеристики параметрических приборов, и рассматриваются результаты их применений для решения различных задач гидроакустики. Обсуждаются новые возможности освещения подводной обстановки автономными подводными аппаратами, а также обеспечения их навигации на протяженных трассах, открывающиеся при применении параметрических антенн. Представлены результаты исследований, демонстрирующие одностороннее возбуждение волновода в широкой полосе частот параметрической антенной.

24.03-01.286 Формирование голограммы источника звука с использованием горизонтальной линейной антенны. *Пересёлков С.А., Кузькин В.М., Казначеев И.В., Ткаченко С.А., Рыбьянец П.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 310-315. Рус.*

Предложена теория интерферометрической обработки гидроакустической информации с использованием горизонтальной линейной антенны. Развита теория позволяет анализировать эффективность интерферометрической обработки с применением антенны по отношению к одиночному приемнику. Приведены и обсуждены результаты моделирования коэффициента усиления и характеристики направленности в зависимости от апертуры и компенсации антенны в заданном направлении.

24.03-01.287 Оценка дальности обнаружения малозвучного источника. *Матвиенко Ю.В., Хворостов Ю.А., Кузькин В.М., Пересёлков С.А., Казначеев Е.С., Ткаченко С.А., Рыбьянец П.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 322-327. Рус.*

Предложена методика определения дальности обнаружения малогабаритного подводного аппарата в рамках интерферометрической обработки гидроакустических сигналов. Сформулированы условия формирования неискаженной интерференционной картины и выполнен анализ ее искажений для условий численного эксперимента.

24.03-01.288 Антенна системы гидроакустического наблюдения на подводных аппаратах. *Воронин В.А., Воскресенский А.В., Пивнев П.П., Тарасов С.П. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 385-390. Рус.*

В настоящее время во многих направлениях морской деятельности и исследованиях океана охотно используются малоразмерные автономные подводные аппараты. От вида стоящих перед ними задач зависит тактика их использования. Малоразмерные автономные подводные аппараты могут быть как универсальными, так и узконаправленными. В группе могут быть аппараты, осуществляющие наблюдение за обстановкой, предназначенные для связи, навигации и определения условий распространения звука в океане. В настоящей работе рассматри-

вается групповое использование подводных аппаратов, предназначенных для приема информации в целях изучения океана. Оценивается возможность создания направленного приема информации и построения антенн с заданными характеристиками направленности.

24.03-01.289 Мультистатическая система наблюдения на базе автономных гидроакустических станций с автоматической адаптацией по глубине установки. *Малашенко А.Е., Молчанов П.А., Ким А.И. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 397-402. Рус.*

Приведен анализ эффективности многопозиционной мультистатической системы наблюдения на базе автономных быстро развертываемых гидроакустических станций в активном и пассивном режимах работы. Рассмотрена модель мультистатического обнаружителя с оптимально адаптированными по глубине установки гидроакустическими станциями. Рассмотрен подход к оптимизации расстановки ГАС. Приведены результаты моделирования зоны контроля для конкретных акваторий Охотского моря.

24.03-01.290 Классификация носителя источника зондирующих сигналов по траектории его движения. *Макаруч Ю.И., Обчинец О.Г. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 29-35. Рус.*

Рассматриваются вопросы, связанные с классификацией источника зондирующих сигналов (ЗС) и его носителя. Исследуется последовательность действий, которая может стать основой алгоритма вторичной классификации носителя источника ЗС. Предложен подход к вторичной классификации торпеды-носителя источника ЗС, предусматривающий определение типовой траектории ее движения. Получены аналитические выражения для количественной оценки работоспособности предлагаемого подхода к классификации носителя.

24.03-01.291 Алгоритм оценки эффективности распознавания малозумного морского объекта. *Шейнман Е.Л., Соловьев В.Р. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 43-47. Рус.*

Рассматривается задача распознавания малозумного сигнала объекта в режиме шумопеленгования в условиях стратифицированной морской среды. Разработан алгоритм распознавания сигнала малозумного объекта, основанный на выработке уровня достоверности принятия решения, учитывающего большую погрешность определения координат морского объекта.

24.03-01.292 Разработка инструментария программного комплекса имитационного моделирования ГАК и ГАС. *Лашевич В.В., Лисс Н.И. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 74-79. Рус.*

Представлен опыт разработки программной платформы, предоставляющей инструменты для быстрого создания унифицированных программных модулей, используемых при графическом проектировании гидроакустических систем, и обеспечивающей их взаимодействие друг с другом при построении диаграмм и наборов библиотек модулей.

24.03-01.293 Проблемно-ориентированная интегральная система управления движением и динамикой гибридного АНПА в режиме контроля шумовой подводной обстановки. *Киселев Л.В., Костенко В.В., Медведев А.В., Быканова А.Ю. Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 4, с. 29-42. Рус.*

Рассматриваются функциональная структура системы управления движением и динамикой гибридного автономного необитаемого подводного аппарата (ГАНПА) при оперативном мониторинге шумового поля в морской акватории, результатом которого является определение дальности и пеленга источника шума. Для организации движения ГАНПА, состоящего из нескольких этапов, используется управляющий комплекс, обеспечивающий выполнение заданных требований к динамике аппарата и к условиям эффективных измерений параметров шумового поля с помощью скалярно-векторной приемной системы. Особое внимание уделяется корректному описанию математических моделей динамики аппарата, движительно-

рулевого комплекса, систем регулирования плавучести и момента остойчивости. Оптимизация работы ГНПА в режиме акустической станции осуществляется путем модельной и экспериментальной настройки параметров данных систем с учетом особенностей их технического исполнения. В качестве прототипа ГНПА при анализе его структуры, гидродинамических характеристик и динамических процессов принят АНПА ММТ-300. Приведены результаты вычислительного эксперимента по оценке характеристик управляющего комплекса во всех режимах работы ГНПА в процессе контроля шумовой обстановки.

См. также **24.03-01.78, 24.03-01.96, 24.03-01.257, 24.03-01.259, 24.03-01.262**

Гидроакустические преобразователи и антенны

24.03-01.294 Векторно-скалярные приёмники как основа современных гидроакустических систем пассивного обнаружения подводных и надводных объектов. *Галый С.Н., Доля В.К., Боев А.В., Панич А.А. Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высочайших технологий. Ростов-на-Дону, 20–23 сентября 2021 г. Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021, с. 28-36. Рус.*

24.03-01.295 Экспериментальное определение акустического центра измерительного гидрофона. *Хатамтаев Б.И. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 710-715. Рус.*

Рассмотрены различные формулировки определения акустического центра преобразователя и проблемы, возникающие при их использовании для экспериментального определения положения акустического центра. Обсуждены причины, по которым формулировка и соответствующий способ определения положения акустического центра микрофона мало пригодны для гидрофона. Предложен способ и описан эксперимент по определению положения акустического центра при фазовой калибровке гидрофона методом взаимности.

24.03-01.296 Применение закона пропорциональной навигации для наведения автономных подводных аппаратов. *Скороход Б.А. Морские интеллектуальные технологии. 2023, № 4-1, с. 123-133. Рус.*

Рассматривается задача наведения автономного подводного аппарата (АПА) на заданный объект. Предполагается, что АПА под действием силы тяги и поворотного момента, перемещается в горизонтальной плоскости. Неизвестное постоянное течение рассматривается в качестве основного возмущения подводной среды действующего на АПА. Пропорциональный закон навигации (ПЗН) формируется по изображениям, поступающим с видеокамеры или гидроакустического датчика, измеряя скорость изменения угла визирования объекта. Показывается, что решение задачи наведения может быть сведено к анализу устойчивости нелинейной нестационарной системы с особой точкой. Предлагаемый в работе подход основан на специальных определениях устойчивости решений такой системы и методе функций Ляпунова. Получены условия устойчивости процесса наведения АПА, обеспечивающие его желаемое поведение. Приведены результаты компьютерного моделирования.

24.03-01.297 О формировании веера диаграмм направленности типа "обратная кардиоида" в малогабаритном пеленгаторе гидроакустических сигналов. *Кранц В.З., Островский Д.Б. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 5-10. Рус.*

Рассмотрена задача формирования статического веера пространственных каналов пеленгатора гидроакустических сигналов при использовании цилиндрической антенны, по окружности которой расположены гидроакустические приемники. Каждая пара приемников антенны формирует две диаграммы направленности типа «обратная кардиоида», развернутые друг от друга на 180°. Проведен анализ зависимости изменения диаметра антенны от соединения пар приемников антенны и от

общего количества приемников. Предложена методика расчета направления на пеленгуемый источник сигнала при различном соединении пар приемников, в том числе при четном и нечетном числе приемников.

24.03-01.298 Локализация горизонта нахождения широкополосного источника вертикально протяженной линейной антенной. *Консон А.Д., Волкова А.А. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 19-28. Рус.*

Рассмотрена возможность локализации источника широкополосного сигнала по глубине его погружения с использованием вертикально протяженной линейной антенны без расчета акустического поля. Предложен алгоритм, реализующий указанную возможность. В основе алгоритма использован метод консолидированной обработки сигнала вертикально протяженной антенны, который в данном случае позволяет синфазно «собрать» сигнал, распространяющийся по парным лучам, и давать в результате существенное приращение интенсивности сигнала. При реализации алгоритма осуществляют перебор задержек времен хода парных лучей, ожидаемых для источников на разных глубинах погружения. При нахождении той задержки, которая дает максимальную интенсивность сигнала, однозначно определяют глубину погружения источника. Для подтверждения работоспособности предложенного алгоритма проведены его теоретический анализ и компьютерное моделирование в условиях реального волновода с подводным звуковым каналом в Черном море в летний период при расположении антенны на значительном заглублении и на расстояниях до третьей зоны освещенности. Показано, что предложенный алгоритм позволяет, во-первых, осуществлять однозначную локализацию горизонта нахождения сигнала без расчета акустического поля, что делает его более устойчивым к рассогласованию между параметрами модельного и реального волновода, во-вторых, увеличивать выходную мощность сигнала, что делает его более помехоустойчивым относительно известных алгоритмов локализации.

24.03-01.299 Прогнозирование надежности аппаратной части гидроакустических комплексов. *Мурзаева И.В. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 48-54. Рус.*

Рассмотрены вопросы обеспечения достижения показателей надежности для аппаратуры гидроакустических систем и влияния происходящих физических процессов на показатели надежности.

24.03-01.300 Исследование динамических процессов в ключевых усилителях мощности на карбид-кремниевых полупроводниковых приборах в гидроакустических передающих устройствах. *Александров В.А., Казаков Ю.В., Семенов Д.А. Гидроакустика. 2023, № 56, с. 62-73. Рус.*

Представлены результаты исследований динамических процессов в схемах ключевых усилителей мощности (КУМ) широкополосных гидроакустических передающих трактов. Созданы модели современных карбид-кремниевых полевых транзисторов и диодов Шоттки в составе КУМ с учетом параметрического изменения значений собственных емкостей. Проведено сопоставление динамических потерь энергии в усилительных каскадах для различных режимов управления транзистора. Дано сравнение динамических процессов, связанных со сквозным током «транзистор-диод» в схемах ключевого усиления с учетом эффекта Миллера. Определены рекомендации по выбору режимов управления SiC транзисторами в оконечных каскадах модулей ключевого усиления гидроакустических передающих устройств.

24.03-01.301 Методика оперативного измерения первичного гидроакустического поля подводных аппаратов. *Жуменков С.В., Конохов Г.В., Машошин А.И., Пестерев И.С. Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 3, с. 4-13. Рус.*

Описана методика оперативного измерения первичного гидроакустического поля (ПГП) подводных аппаратов (ПА) с использованием гидроакустического буя с направленной антенной и калиброванным приёмным трактом. Обоснованы условия, при выполнении которых точность измерений будет соответствовать заданным требованиям. Показано, что наибольшее

влияние на точность измерений оказывает точность определения дистанции между ПА и буем. Приведён алгоритм определения этой дистанции, основанный на использовании измеренных пеленгов ПА и известной скорости ПА. Исключена формализованная методика измерения ПГП ПА, включающая, в том числе, калировку приёмного тракта буя. Приведены результаты апробации методики в условиях Ладожского озера путём измерения ПГП катера, многократно проходящего мимо гидроакустического буя с направленной антенной на скоростях 6 и 22 узла. Точность определения ПГП по результатам апробации составила 2-3 дБ, что соответствует точности измерений на специализированных стационарных полигонах.

24.03-01.302 Автономная гидроакустическая станция с автоматической адаптацией по глубине установки. *Малашенко А.Е., Молчанов П.А., Ким М.С., Кондрашова Е.С. Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 3, с. 14-19. Рус.*

Применение быстро развертываемых на позиции автономных и кабельных гидроакустических станций позволяет решать широкий круг задач по контролю морских акваторий, наблюдению за крупными морскими млекопитающими, контролю технического состояния подводных добычных комплексов. Размеры контролируемой зоны гидроакустических станций зависят от гидрологических условий в районе применения и глубины установки станции. Определение оптимального положения станции при заданной гидрологии или определение контролируемой зоны при заданной глубине положения станции выполняются с помощью системы гидроакустических расчетов. Изменение гидрологии и изменение положения станции по глубине существенно влияют на размеры контролируемой зоны. Включение в состав гидроакустической станции датчика скорости звука, специальной лебедки для изменения положения станции по глубине, а также системы гидроакустических расчетов в аппаратно-программный модуль станции позволяет значительно повысить эффективность системы наблюдения за подводной обстановкой в условиях меняющейся гидроакустической обстановки. Конструкция гидроакустической станции, адаптивная к изменению гидрологии, обеспечивает максимальную контролируемую зону в течение своего рабочего цикла. В работе рассмотрены алгоритм работы и конструктивные решения автономной гидроакустической станции с автоматической установкой на оптимальную глубину по критерию достижения максимальной эффективности.

См. также **24.03-01.96, 24.03-01.277, 24.03-01.285, 24.03-01.287, 24.03-01.289, 24.03-01.292, 24.03-01.293**

Подводные измерения и калибровка аппаратуры

24.03-01.303 К вопросу об эффективности протяженной горизонтальной антенны в условиях приема сигналов и помех в случайно-неоднородном подводном звуковом канале. *Малеханов А.И., Смирнов А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 296-301. Рус.*

Проведено сравнение эффективности методов обработки сигнала на фоне интенсивной помехи с помощью горизонтальной антенной решетки (АР), расположенной в подводном звуковом канале. К рассматриваемым квазиоптимальным методам пространственной обработки относятся: известный линейный метод фазированной антенной решетки (ФАР); квадратичный метод некогерентного накопления выходных сигналов с подрешеткой; квадратичный метод некогерентного накопления сигналов ФАР, каждая из которых фазирована в определенный угол со сдвигом относительно других. Источники поля полезного сигнала и помехи размещены под различными углами по отношению к линейной АР, волновой размер которой велик с их масштабами когерентности. Основное внимание уделено оценке эффективности методов обработки по величине коэффициента усиления АР. Определены и физически интерпретированы сценарии приема сигналов, для которых относительно простые эвристические методы обеспечивают квазиоптимальную обра-

ботку сигналов, что представляется важным с точки зрения приложений.

24.03-01.304 Исследование возможности использования измерительной трубы для калибровки гидрофонов. *Конюшкая И.И., Пятаков П.А., Овчинников О.Б., Шуляков С.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 702. Рус.

Разработана и опробована методика измерения чувствительности гидрофонов в полосе частот от 4 до 25 кГц с использованием измерительной трубы (заполненной водой) длиной 300 мм, внутренним диаметром 48 мм и толщиной стенок — 6 мм. Такой способ калибровки выбран с целью уменьшения размеров экспериментальной установки для удобства применения в лабораторных условиях. Исследовано влияние на точность измерений глубины погружения гидрофонов и состояния воды, ее температуры, наличия пузырей в объеме и на внутренней поверхности трубы. Проведено сравнение данных, полученных в трубе, с соответствующими величинами, измеренными в бассейне, оценена систематическая погрешность измерений, зависящая от характерного размера гидрофона.

См. также 24.03-01.57, 24.03-01.58, 24.03-01.245, 24.03-01.247, 24.03-01.248, 24.03-01.259, 24.03-01.261, 24.03-01.284, 24.03-01.285, 24.03-01.293, 24.03-01.294, 24.03-01.299

Компьютерное моделирование в гидрофизике и гидроакустике

24.03-01.305 Методика расчёта глубины проникновения в грунт при морской сейсморазведке. *Машишин А.И., Цветков А.В.* *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2024. 17, № 1, с. 95-103. Рус.

Приведена упрощённая методика расчёта глубины проникновения в грунт при морской сейсморазведке, разработанная в интересах обоснования технических характеристик элементов подводного робототехнического комплекса, предназначенного для проведения сейсморазведки подо льдом и включающего: комплект автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА), оснащенных геофонами либо короткими сейсмо-

косами (стримерами) с датчиками-гидрофонами, а также средствами высокоточного позиционирования; подводную доктанцию, обеспечивающую доставку АНПА в район проведения работ, управление ими, а также буксировку низкочастотных гидроакустических излучателей; береговую инфраструктуру для обслуживания АНПА и док-станции. Разработанная методика учитывает давление, создаваемое гидроакустическим излучателем, а также потери энергии зондирующего сигнала вследствие расширения фронта волны, прохождения сигнала в грунт и обратно, пространственного затухания при распространении сигнала в воде и в грунте, отражения от линзы, содержащей нефть либо газ. Приведены примеры расчёта глубины проникновения в грунт для условий мелкого и глубокого морей в зависимости от давления, создаваемого излучателем, буксируемым на глубине 100 м, при использовании приёмной антенны из гидрофонов, сформированной на глубине 100 м, а также приёмной антенны из геофонов, лежащей на дне. Качественно оценена адекватность разработанной методики путём сравнения результатов расчёта с имеющимися экспериментальными данными. Ключевые слова: морская сейсморазведка, донное зондирование, гидроакустический излучатель.

24.03-01.306 Характеристика гидроакустических индикаторов по колориметрическим параметрам. *Сопина О.П., Домасев М.В.* *Гидроакустика*. 2023, № 56, с. 36-42. Рус.

Рассматриваются особенности воспроизведения цвета на различных мониторах, представлены колориметрические характеристики мониторов и проведен анализ причин разницы цветопроизведения, предложены рекомендации по использованию цветового кода при проектировании информационных моделей гидроакустического комплекса.

См. также 24.03-01.41, 24.03-01.74, 24.03-01.247, 24.03-01.251, 24.03-01.253, 24.03-01.273, 24.03-01.274

Лабораторное экспериментальное моделирование

См. 24.03-01.41, 24.03-01.115, 24.03-01.247, 24.03-01.249, 24.03-01.287, 24.03-01.292, 24.03-01.293, 24.03-01.295, 24.03-01.296, 24.03-01.297, 24.03-01.301, 24.03-01.302

Атмосферная и аэроакустика

Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

24.03-01.307 Дальние поля внутренних гравитационных волн при нестационарных режимах генерации. *Булатов В.В., Владимиров Ю.В.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 23-27. Рус.

Рассмотрена задача о математическом моделировании дальних полей внутренних гравитационных волн от нестационарного источника возмущений, который движется в стратифицированном океане конечной глубины. В линейном приближении получены интегральные формы решения для отдельной волновой моды и показано, что волновая картина возбуждаемых полей внутренних волн при определенных параметрах генерации представляет собой систему гибридных волновых возмущений, одновременно обладающих свойствами волн двух типов: кольцевидных (поперечных) и клиновидных (продольных). Представлены и обсуждены результаты численных расчетов, описывающие основные особенности фазовых структур и волновых картин возбуждаемых полей внутренних волн в зависимости от параметров генерации.

24.03-01.308 Стационарные потенциальные гравитационные волны в слое идеальной жидкости конечной глубины. *Кистович А.В., Чашечкин Ю.Д.* 9-я Между-

народная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 88-90. Рус.

24.03-01.309 Образование стационарных газовых потоков под действием импульсно-периодических оптических разрядов. *Лаврентьев С.Ю., Соловьев Н.Г., Шемлякин А.Н., Якимов М.Ю.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 101-104. Рус.

24.03-01.310 Анализ инфразвуковых шумов в атмосфере во время шторма на Черном море. *Куличков С.Н., Есипов И.Б., Чунчужов И.П., Попов О.Е., Перепелкин В.Г., Кенгисбергер Г.В.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 468-476. Рус.

Рассматриваются результаты определения азимутов инфразвуковых шумов в атмосфере во время шторма на Черном море при приеме на черноморском побережье. Для регистрации сигналов использовалось три инфразвуковых микрофона, которые разместились на земле в вершинах треугольника со сторонами около 100 м. Такая приемная схема позволила определить азимуты прихода инфразвуковых сигналов в широком инфразвуковом диапазоне частот 0.1–7 Гц, включающим как диапазон частот микробаром, так и «голоса моря». Проведена оценка частотных полос инфразвуковых сигналов с высокой когерентно-

стью для пар приемников. Измеренные азимуты на источник когерентных инфразвуковых сигналов в частотном диапазоне микробаром оказались близки к азимутам на акватории большого волнения. По результатам измерений оказалось, что азимуты прихода инфразвука в диапазоне «голоса моря» сильно отличаются от азимуты прихода микробаром. Для интерпретации полученных результатов рассчитана азимутальная зависимость интенсивности инфразвукового поля по программе Авилова К.В., реализующей метод псевдодифференциального параболического уравнения, без учета горизонтальной рефракции.

24.03-01.311 Особенности энергобаланса гармоник гравитационного и инфрагравитационного диапазонов морского волнения. Долгих Г.И., Долгих С.Г. *Подводные исследования и робототехника.* 2023. 36, № 4, с. 63-69. Рус.

Анализируются данные по изменению гидросферного давления гравитационного и инфрагравитационного диапазонов, полученные с помощью сверхчувствительного сенсора вариаций гидросферного давления, установленного на глубине 25 м на дне на шельфе Японского моря. Установлено, что изменение суммарной энергии гармоник морского волнения инфрагравитационного диапазона почти всегда коррелирует с изменением суммарной энергии гармоник морского волнения гравитационного диапазона. В редких случаях этого нет, т.е. наблюдается антикорреляционное поведение. Антикорреляционное поведение суммарной энергии гармоник гравитационного диапазона и суммарной энергии гармоник инфрагравитационного диапазона связано с расфокусировкой гармоник гравитационного или инфрагравитационного диапазонов. Всегда суммарная энергия гармоник гравитационного диапазона больше суммарной энергии гармоник инфрагравитационного диапазона.

См. также **24.03-01.267**

Взаимодействие звука с поверхностью, учет покрытия и топографии, импеданс поверхностей на местности

24.03-01.312 Высотно-временная динамика вектора плотности потока кинетической энергии атмосферы по результатам содарного зондирования. Красненко Н.П., Потехаев А.И., Шаманаева Л.Г. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 477-482. Рус.

Анализируется суточная почасовая динамика вектора плотности потока кинетической энергии (вектора Умова), а также средней и турбулентной составляющих кинетической энергии на основе минисодарных измерений компонентов вектора ветра и их дисперсий в нижнем 200-метровом слое атмосферы.

24.03-01.313 Высотно-временная динамика компонентов кинетической энергии атмосферы по результатам содарного зондирования. Красненко Н.П., Потехаев А.И., Шаманаева Л.Г. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 483-488. Рус.

Рассматривается и анализируется высотно-временная динамика компонентов кинетической энергии атмосферы по результатам постобработки временных рядов высотных профилей как средних значений, так и дисперсий трех компонент скорости ветра, измеренных минисодаром.

24.03-01.314 Атмосферные эффекты извержения вулкана Тонга. Добрынин В.А., Сорокин А.Г. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества.* Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 489-494. Рус.

Обсуждаются эффекты в атмосфере Восточной Сибири от прихода акустических волн от извержения вулкана в Южной части Тихого океана 15 января 2022 г. на острове Hunga Tonga Hunga. Приводятся результаты регистрации акустических волн от извержения вулкана в Сибири на расстоянии около 11 230 км. Полученный акустический сигнал интерпретируется как совокупность волны Лэмба, внутренних гравитационных волн и

инфразвука. Структура сигнала подобна сигналам от мощных источников, известных ранее: термоядерный взрыв на Новой Земле 1961 г., от взрыва Тунгусского метеорита 1908 г. Акустический сигнал предваряют низкочастотные затухающие колебания, состоящие из 3-х дугов. Мы предполагаем, такие колебания связаны с тремя важными стадиями в извержении вулкана Hunga Tonga Hunga: 1) разрушении острова Тонга и образованием подводной кальдеры; 2) выход горячей магмы из кальдеры на поверхность океана и выброс в атмосферу большого объема перегретого пара 3) образование слоистой структуры из смеси перегретого пара, пепла и тефры над и образование эруптивной конвективной колонны. Последовательные фазы извержения могли способствовать возбуждению акустических колебаний в широком диапазоне периодов, включая волны Лэмба, внутренние гравитационные волны (ВГВ) и инфразвук. В работе сравнивается структура акустического сигнала, полученного в Сибири на расстоянии более 11 000 км от вулкана и акустического сигнала, зарегистрированного на Аляске на удалении более 9 300 км (краткое сообщение в твиттере, David Fee).

24.03-01.315 Оценка параметров инерционного интервала турбулентного спектра температуры из временных рядов данных акустических метеостанций. Маркасов Д.А., Афанасьев А.Л., Гордеев Е.В. *Оптика атмосферы и океана.* 2024. 37, № 3, с. 254-261. Рус.

Основой для оценок характеристик турбулентности с использованием первичных выходных данных акустических метеостанций в настоящее время является классическая модель однородной и изотропной турбулентности Колмогорова—Обухова со степенной структурной функцией с показателем 2/3. Температурные флуктуации в атмосфере не всегда соответствуют этой модели. Для описания неколмогоровской турбулентности представлен подход, основанный на использовании обобщенной степенной модели с показателем степени, структурной характеристикой и внешним масштабом, оцениваемыми непосредственно по измеренным временным рядам мгновенных значений регистрируемых метеопараметров. Предложены критерии применимости рассмотренной модели для оценки характеристик реальной атмосферной турбулентности. Полученные результаты будут полезны для исследований атмосферы на основе первичных выходных данных акустических измерений, содержащих массивы мгновенных значений температуры и трех ортогональных компонент скорости ветра.

Распространение и рассеяние на турбулентности и на неоднородных течениях

24.03-01.316 Спектральные характеристики турбулентности в широком диапазоне волновых чисел. Теодорович Э.В. *9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах».* Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 148-150. Рус.

24.03-01.317 Оценка пульсаций давления на основе измерений проволочным анемометром в ближней зоне струи при наличии спутного течения. Hot-Wire-Based Estimation of Pressure Fluctuations in the Near Field of a Jet in the Presence of a Coflow. Burchkov P., Farnosov G.A. *Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 116-129. Англ.

It is shown that the velocity fluctuation spectra measured using a hot wire in the potential flow region of the near field of a turbulent jet with a coflow can be converted into pressure fluctuation spectra. The proposed conversion method is based on the fact that the structure of instability waves, which make a decisive contribution to jet near-field fluctuations, resembles homogeneous one-dimensional waves, which makes it possible to locally link pressure fluctuations and the fluctuations of the streamwise velocity component measured by a hot wire.

См. также **24.03-01.26**

Численные методы для акустики атмосферы

См. **24.03-01.72, 24.03-01.80**

Аэро-термо-акустика и акустика горения

См. 24.03-01.309

Ударные и взрывные волны, звуковой удар

24.03-01.318 К вопросу применения цифровых измерителей скорости ударных волн для регистрации уровня избыточного давления во фронте воздушной ударной волны при полигонных испытаниях устройств для защиты от взрыва. *Пучков А.С., Гук И.В., Спивак А.И., Васильева С.Н. Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2024, № 1(131), с. 139-148. Рус.*

Рассмотрен вопрос измерения избыточного давления во фронте воздушной ударной волны с использованием цифровых измерителей скорости ЦИС-5 как альтернативы использованию пьезоэлектрических датчиков давления ПД-7-1,5М. Установлено, что погрешность определения избыточного давления во фронте воздушной ударной волны с использованием цифровых измерителей скорости ЦИС-5 составляет 27–51%.

24.03-01.319 Применение WENO-схем для моделирования ударно-волновых процессов. *Белолуцкий Ф.А., Шепелев В.В., Фортва С.В. Мат. моделир. 2024, 36, № 2, с. 35-40. Рус.*

Работа посвящена анализу WENO-схем для решения одномерных уравнений Эйлера с уравнением состояния типа Ми–Грюнауизена. Представлены модификации WENO-схем в характеристических переменных с сохраняющим монотонность (monotonicity-preserving, MP) лимитером, являющиеся наименее диссипативными и осциллирующими. Разработана модифицированная схема MP-WENO-SM, демонстрирующая наименьшую амплитуду осцилляций решения на тестовых задачах с разрывными начальными данными.

24.03-01.320 Моделирование процессов динамического внедрения пространственных тел в сжимаемую упругопластическую среду. *Линник Е.Ю., Котов В.Л., Константинов А.Ю. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2017, № 4, с. 92-108. Рус.*

Рассматривается задача о нормальном ударе и проникании жестких пространственных тел в полупространство, занимаемое упругопластической средой. Для среды проникания принимается модель линейно сжимаемой упругопластической среды при линейной зависимости предела текучести от давления (условие пластичности Мизеса–Шлейхера–Боткина). Решение задачи осуществляется численно в трехмерной постановке с применением пакета программ LS-Dyna. Упругопластическая среда проникания рассматривается на неподвижной эйлеровой сетке с выделением пустых ячеек, в которые материал перетекает в процессе деформирования. Ударники моделируются жестким недеформируемым телом в лагранжевой системе координат. Для сравнения, параметры процесса проникания — силы сопротивления внедрению и глубины проникания ударников получены также в рамках модели локального взаимодействия на основе аналитического решения задачи о расширении сферической полости. Ранее на основе данных обращенных экспериментов и численных расчетов в осесимметричной постановке показана применимость модели локального взаимодействия к определению силовых и кинематических характеристик острых конических тел. Проверка применимости модели для описания движения пространственных тел в полной трехмерной постановке ранее не проводилась. Исследуемые тела — круговой конус, трех- и четырехгранные пирамиды, тело с звездообразным поперечным сечением — обладают одинаковой площадью основания, нормаль к боковой поверхности тел составляет с направлением движения постоянный угол 60 градусов. Особенностью построения формы рассматриваемых пространственных тел является тот факт, что в рамках модели локального взаимодействия эти тела должны обладать одинаковым сопротивлением внедрению, совпадающим с сопротивлением внедрению кругового конуса. Все эти тела имеют высоту меньше высоты конуса. Приводятся результаты трехмерных численных расче-

тов проникания тел по нормали в упругопластическую среду с дозвуковыми и сверхзвуковыми скоростями, демонстрирующие увеличение сопротивления внедрению, пропорциональное уменьшению высоты тела. Для рассмотренных тел одинаковой высоты изменения в форме поперечного сечения не приводят к существенным отличиям в силе сопротивления и глубине проникания.

24.03-01.321 Генерация плоской стационарной ударной волны при предельно высокой передаче давления твердому веществу от малоплотного поглотителя излучения тераваттного лазерного импульса. *Белов И.А., Бельков С.А., Бондаренко С.В., Вергунова Г.А., Воронин А.Ю., Гаранин С.Г., Головкин С.Ю., Гуськов С.Ю., Демченко Н.Н., Держач В.Н., Змитренко Н.В., Илюшечкина А.В., Кравченко А.Г., Кузина А.А., Кузьмин И.В., Кучугов П.А., Мюсова А.Е., Рогачев В.Г., Рукавишников А.Н., Соломатина Е.Ю., Стародубцев К.В., Стародубцев П.В., Чугуров И.А., Шаров О.О., Ячин Р.А. Ж. эксперим. и теор. физ. 2024, 165, № 4, с. 581-588. Рус.*

Экспериментально обоснована генерация в твердом веществе мощной лазерно-индуцированной ударной волны с длительным периодом стационарного распространения плоского фронта при предельно высокой передаче давления твердому веществу от малоплотного поглотителя излучения тераваттного лазерного импульса. Эксперименты выполнены с плоскими мишенями, содержащими слой алюминия различной формы и слой поглотителя лазерного излучения из пористого вещества с плотностью 0.01–0.025 г/см³. Мишени облучались импульсами излучения второй гармоники Nd-лазера с интенсивностью 10¹³–5·10¹³ Вт/см². Зарегистрировано стационарное распространение плоских ударных волн в алюминиевом слое со скоростью 20–30 км/с в течение времени более 1 нс при близком к предельному увеличении давления от 3–3.5 Мбар в слое поглотителя до 7–10 Мбар в слое алюминия. Результат в значительной степени развивает возможности прецизионного управления пространственно-временной динамикой ударных волн в исследованиях уравнения состояния вещества.

24.03-01.322 Термодинамический критерий нейтральной устойчивости ударных волн в гидродинамике и его следствия. *Конюгов А.В. Ж. эксперим. и теор. физ. 2024, 165, № 4, с. 589-602. Рус.*

Показано, что критерий Конторовича нейтральной устойчивости релятивистских ударных волн (релятивистский аналог критерия Дьякова–Конторовича в классической гидродинамике), после исключения производной вдоль ударной адиабаты Тауба–Гююнио с использованием соотношений на релятивистском ударно-волновом разрыве, сводится к ограничению на изоэнтальпийную производную внутренней энергии по удельному объему в системе покоя: $p > -\partial \epsilon / \partial v_\theta > p_0$. Полученная формулировка справедлива и в классической гидродинамике. Выведены следствия данной формулировки для ударных волн с однофазным и двухфазным конечными состояниями в среде с фазовым переходом первого рода. Показано влияние параметра Риделя и изохорной теплоемкости на реализуемость нейтрально устойчивых ударных волн. В модельной постановке задачи исследовано влияние локальной термодинамической неравновесности на затухание возмущений нейтрально устойчивой ударной волны.

24.03-01.323 Срывные режимы разрушения капли воды в ударных волнах. *Бойко В.М., Поплавский С.В. Физика горения и взрыва. 2024, 60, № 2, с. 136-144. Рус.*

Работа является обобщением экспериментальных исследований разрушения капель воды в потоке заходящей ударной волной в диапазоне скоростей газового потока $40 \leq U \leq 175$ м/с. В указанном диапазоне скоростей происходит смена двух механизмов срывного разрушения капли с доминирующим влиянием силы инерции при деформации капли или силы вязкого трения при срыве пограничного слоя. Анализ смены механизмов распада построен на основе обширного наблюдательного материала и количественных данных по динамике капли и задержкам ее разрушения, полученных высокоскоростным методом визуализации с лазерным стробоскопическим источником

света. По данным экспериментов и результатам параметрического анализа построена физическая модель процесса и получены критерии смены срывных механизмов разрушения капли. Ключевые слова: аэродинамическое разрушение капель, ударные волны, срывные механизмы массоуноса.

См. также 24.03-01.62, 24.03-01.72

Звук в трубах с потоками

См. 24.03-01.63, 24.03-01.144

Измерения звука в воздухе, методы и аппаратура для локации, навигации, альтиметрии, акустического районирования

См. 24.03-01.312, 24.03-01.313, 24.03-01.314

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

См. 24.03-01.315, 24.03-01.317

Авиационная акустика

24.03-01.324 Расчетно-экспериментальное исследование аэроакустического резонанса в модельном выходном устройстве прямоугольного поперечного сечения. *Карабасов С.А., Мажаров В.Е., Миронов А.К., Шорстов В.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1036-1041. Рус.

При расчете с применением зонного вихреразрешающего подхода было обнаружено явление колебания струи в модельном выходном устройстве. Сопоставления с экспериментом по уровню шума в дальнем поле, и, особенно, по частоте тона, подтверждают физичность резонанса в расчете. В процессе анализа было выяснено и подтверждено расчетами то, что резонанс критически зависит от акустической волны, возникающей в месте достаточного резкого обрыва канала, образуемого нижней и боковыми поверхностями. Показано отсутствие резонанса при достаточном скосе боковых поверхностей около задних кромок. При изменении высоты боковых поверхностей частота резонанса растет при сохранении равенства модулей фазовых скоростей и структуры стоячей волны.

24.03-01.325 Анализ возможности снижения шума струи перспективного СПС при помощи систем типа миксер—эжектор. *Крашенинников С.Ю., Маслов В.П., Миронов А.К., Мышенков Е.В.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1042-1049. Рус.

Проведен анализ известных данных по снижению шума выхлопной струи сверхзвуковых пассажирских самолетов (СПС) при помощи систем типа миксер—эжектор. Проведены дополнительные экспериментально-расчетные исследования зависимости акустических, расходных и тяговых характеристик осесимметричного миксера—эжектора от скорости истечения струи. Акустические испытания проводились как в статических условиях, так и при наличии внешнего обтекания. Для определения тяговых и расходных характеристик сопел проведено математическое моделирование. Результаты работы показывают, что эффективность шумоглушащего устройства возрастает при увеличении скорости струи на срезе сопла и падает при наличии внешнего потока. Наилучшие результаты по акустической эффективности в исследованной конфигурации были получены при скорости истечения струи порядка 370 м/с и оказались на уровне 2 дБ/1% потерь тяги в статических условиях и порядка 1 дБ/1% при наличии внешнего обтекания.

24.03-01.326 Влияние степени двухконтурности и

тяги на выбор настройки звукопоглощающих конструкций. *Замтфорт В.С.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1050-1052. Рус.

Оптимальную настройку звукопоглощающих конструкций (ЗПК) необходимо рассчитывать в дальнем звуковом поле. Под оптимальной понимается настройка, позволяющая получить максимальное снижение уровней шума по сумме в трех контрольных точках (КТ). Расчет амплитудно-частотных характеристик ЗПК проводится на основе экспериментальных или расчетных матриц уровней звукового давления двигателя. Поясним физический смысл влияния степени двухконтурности (m) и/или тяги двигателя (P). С увеличением одного из этих параметров при газодинамическом подобии двигателей растет и диаметр вентилятора и при сохранении его окружной скорости снижается частота вращения ротора и частоты следования лопаток вентилятора сдвигаются в более низкочастотную область; переход от 3–4-двигательных самолетов к 2-двигательным самолетам тоже влечет за собой рост величины тяги. Анализ результатов расчетов показал: 1) для двигателей с небольшой $m \approx 5$, что суммарное снижение уровня шума в трех КТ остается практически постоянным при настройке ЗПК с максимумом поглощения в диапазоне частот от 1,6 до 3,15 кГц; это допускает значительную вариацию локальных параметров ЗПК без снижения итоговой их эффективности; 2) для двигателей с $m=10$ при использовании двухмодальных ЗПК максимальное снижение уровня шума в трех КТ получается при их настройке на частоты со разницей в 2/3 октавы, а не в октаву, как традиционно принято; выигрыш от такой настройки может достигать 1 EPN дБ.

24.03-01.327 О локальном разделении звуковых и псевдозвуковых пульсаций. *Бычков О.П., Фараносов Г.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1053-1058. Рус.

Предложен «локальный» способ разделения звуковых и псевдозвуковых пульсаций в турбулентном течении, основанный на анализе сигналов в нескольких близкорасположенных точках, так что общий размер измерительной зоны много меньше масштаба корреляции псевдозвуковых возмущений. Предполагается, что гидродинамические пульсации подчиняются модели «вмороженной» турбулентности, что позволяет в режиме реального времени преобразовать пространственную производную сигнала во временную, которая после интегрирования по времени дает оценку псевдозвуковых возмущений. Представлены теоретическая модель предложенного подхода, результаты тестов на модельных примерах, анализ преимуществ и недостатков метода.

24.03-01.328 Теоретическое исследование развития на начальном участке слоя смешения гидродинамических возмущений, происходящих из точки примыкания к твердой кромке. *Демьянов М.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1059-1064. Рус.

Одним из основных объектов исследования в аэроакустике является струйное течение. Шум турбулентной дозвуковой струи обусловлен интенсивной нелинейной вихревой динамикой, происходящей в слое смешения. Слой смешения струи развивается из сошедшего с кромки сопла в свободное пространство пограничного слоя. Аналогично, по крайней мере, часть возмущений, присутствующих в слое смешения струи, являются, по сути, результатом последующей эволюции возмущений, пришедших из пограничного слоя. В данной работе рассмотрена линейная задача гидродинамических возмущений на фоне среднего турбулентного течения, сформированного в рамках алгебраической модели Прандтля. Предполагается, что при этом рассматриваемые возмущения не взаимодействуют с турбулентными пульсациями и являются невязкими. Условие пренебрежения влиянием вязкости заведомо справедливо для струйных течений, возникающих в практических условиях. Геометрия течения представляет конус с вершиной на кромке сопла, возмущения развиваются из сингулярной точки. Для построенных решений исследованы характерные физические свойства. Данная работа на-

правлена на изучение процесса развития волн неустойчивости — когерентных структур, проявляющихся на начальном участке турбулентной струи и являющихся одним из возможных источников звукового шума.

24.03-01.329 Исследование влияния нелинейного режима работы двухслойных сотовых ЗПК на процесс распространения звука в каналах. *Баижатов В.В., Остриков Н.Н.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1065-1071. Рус.

Целью данной работы являлось применение асимптотического решения задачи о распространении звуковых мод в цилиндрическом канале с однородным потоком и плавно неоднородным импедансом стенок к построению решения нелинейной задачи о распространении звука в канале с учетом нелинейного режима работы двухслойных сотовых ЗПК. С помощью указанного асимптотического решения была построена итерационная процедура для получения акустического поля с использованием полумпирической модели двухслойной сотовой ЗПК. Проведенные параметрические исследования показали, что сформулированная итерационная процедура сходится в рамках границ применимости полученного аналитического решения, а при тех параметрах, при которых проводились расчеты, нелинейный эффект работы ЗПК приводит к увеличению затухания акустических возмущений по сравнению с линейным решением аналогичной задачи.

24.03-01.330 Смешанные сотовые ЗПК авиадвигателя как средство обеспечения оптимальных значений импеданса в широком диапазоне частот. *Остриков Н.Н., Ипатов М.С., Лаврушина М.П., Денисов С.Л., Яковец М.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1072-1078. Рус.

Работа посвящена проблеме выбора геометрических параметров двухслойных сотовых звукопоглощающих конструкций (ЗПК), при которых в широком диапазоне частот достигаются оптимальные значения импеданса, предварительно вычисляемые для каналов авиадвигателя на основе максимального снижения шума самолета на местности и характеризующие слабой зависимостью мнимой части импеданса от частоты. Показано, что использование двухслойных сотовых ЗПК смешанного типа позволяет с достаточной точностью решить указанную проблему в диапазоне частот шириной 1.5—2 кГц. Это фактически классические двухслойные ЗПК, у которых проценты перфорации панелей и размеры шестигранных ячеек сотовых блоков в обоих слоях подбираются таким образом, что в ячейку первого слоя не всегда попадает отверстие второго слоя, и в итоге на единице площади лицевой панели ЗПК реализуется одновременно двухслойные и однослойные конструкции, т.е. имеет место смесь, причем управление процентом двухслойных «ячеек» на единице площади осуществляется за счет варьирования стороны шестигранника сотового заполнителя. Показано, что существующие полумпирические зависимости импеданса ЗПК от геометрических параметров, уровня звукового давления и скорости скользящего потока позволяют в целом качественно предсказать экспериментальные данные для смешанных ЗПК, однако точность количественного предсказания недостаточна велика, и основная проблема состоит в зависимости импеданса от скорости потока.

24.03-01.331 Исследование турбулентных пульсаций давления на стенке при обтекании консольного цилиндра. *Кузнецов С.В., Голубев А.Ю.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1079-1083. Рус.

Пристеночные пульсации давления в турбулентном течении являются источником шума и возбуждают вибрации обтекаемых потоком упругих конструкций. Наличие выступающих элементов на обтекаемой поверхности приводит к существенному увеличению интенсивности пульсаций. В данной работе представлены результаты экспериментального исследования пространственно-временной структуры поля пристеночных пульсаций давления в турбулентном пограничном слое в

окрестности консольного цилиндра. Измерения проводились в аэроакустической установке П-2 Московского комплекса ЦАГИ. Определены размеры зоны интенсивных пульсаций давления в различных диапазонах частот. Посредством масляной визуализации поверхностных линий тока проведено сопоставление картины течения с характеристиками поля пристеночных пульсаций давления. Рассмотрены наиболее яркие особенности пространственно-временных, корреляций поля давления, играющие существенную роль в механизме возбуждения вибраций упругих конструкций турбулентным течением жидкости или газа.

24.03-01.332 Самолеты с двигателями нового поколения (решения и проблемы). *Бакланов В.С.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1097-1101. Рус.

Выполнение новейших норм шума на местности, период действия которых в последнее время стремительно сокращался, обеспечили двигатели нового поколения большой степени двухконтурности (8—12). Так фирма PW, создавшая 10 редукторных двигателей для 10 типов самолетов, включая MC-21, ведет работы над новым редукторным двигателем двухконтурности 15. А фирмы GE и Safran уже испытывают на демонстраторе A380 open fan по программе уменьшения на 20% расходов топлива в 2030 г. Значительный рост степени двухконтурности двигателей ведет к увеличению диаметра вентилятора и образованию ударных волн при сверхзвуковой скорости концов лопаток. Одна из необходимых мер борьбы с ударными волнами — снижение частоты вращения вала вентилятора, в результате чего вибрационный спектр двигателей существенно расширился со сдвигом в низкочастотную часть спектра. Для планера современного самолета характерно наличие десятков собственных форм колебаний в низкочастотной части спектра. Взаимодействие некоторых из этих форм колебаний с возмущающим воздействием силовой установки, передаваемым через узлы крепления двигателей, приводит к генерированию структурного шума, сместившегося в низкочастотную область, включая инфразвук в гермокабине самолетов, включая кабину экипажа, обозначая условия работы экипажа и требуя обеспечение безопасности полета. Решение проблем структурного шума требует создания нового поколения крепления для двигателей увеличенной степени двухконтурности (с встроенными низкочастотными блоками виброизоляции), разработанного с учетом реальных динамических характеристик корпусов новых двигателей и конструкции планера.

24.03-01.333 Исследование влияния вынужденных акустических колебаний на окисление метана в канале постоянного сечения энергосиловой установки. *Арефьев К.Ю., Крикунова А.И., Гришин И.М., Мичко А.В., Ильченко М.А., Заикин С.В.* Вестник Московского авиац. ин-та. 2024. 31, № 1, с. 134-135. Рус.

Представлены результаты расчетно-экспериментального исследования акустической интенсификации процессов окисления метана в высокоэнтальпийном кислородсодержащем (по составу максимально приближенному к воздуху) потоке. Исследования проведены для конечного по длине канала постоянного сечения. Рассмотрен диапазон начальных удельных энтальпий кислородсодержащего потока от 1600 до 2400 кДж/кг. Выявлены закономерности влияния полной энтальпии кислородсодержащего потока и акустического воздействия на эффективность (с точки зрения завершенности химических реакций) окисления метана. Установлено влияние частоты акустического воздействия на коэффициент завершенности физико-химических процессов. Определены значения коэффициента избытка топлива для различных полных энтальпий кислородсодержащего потока, соответствующие диффузионному и кинетическому режимам окисления метана. Проведен анализ спектральных характеристик пульсаций статического давления в потоке, по результатам которого отмечена стабильность окисления метана на исследованных режимах. Ключевые слова: окисление метана, кислородсодержащий поток, акустическое воздействие, диффузионный режим окисления, кинетический режим окисления, завершенность химических реакций.

См. также 24.03-01.64, 24.03-01.76, 24.03-01.80, 24.03-01.81, 24.03-01.144, 24.03-01.372

Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

Акустические волны в многофазных средах

См. 24.03-01.127

Теория линейных и нелинейных волн в геологических структурах

См. 24.03-01.320

Сейсмическое зондирование геологических структур

24.03-01.335 Расчёт сейсмического отклика от трещиноватого геологического объекта на примере модели Marmousi2. *Голубев В.И., Никитин И.С., Екименко А.В. Актуальные проблемы прикладной математики и механики. Тезисы докладов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федерального университета. Абрау-Дюрсо, 01–06 сентября 2020 г.* Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского. 2020, с. 22-23. Рус.

24.03-01.336 О возможности геодинамического мониторинга на стационарной сейсмоакустической трассе с использованием сверхнизкочастотного вибрационного источника и скважинных измерений. *Диденкулов И.Н., Малеханов А.И., Чернов В.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 85-90. Рус.

Работа посвящена анализу возможности геодинамического мониторинга верхнего слоя земных пород с помощью стационарной сейсмоакустической трассы, где в качестве источника сигналов используются вибрации гидроагрегатов Нижегородской гидроэлектростанции (ГЭС), а прием сигналов осуществляется в стволе Воротиловской глубокой скважины, расположенной на расстоянии около 40 км от ГЭС. Описан оригинальный метод регистрации сейсмоакустических сигналов, основанный на использовании ствола скважины в качестве распределенной сейсмической антенны. Зарегистрированы сигналы, порождаемые сверхнизкочастотными вибрациями турбин в диапазоне единиц Гц. Обсуждаются возможности геодинамического мониторинга на этой трассе и на аналогичных стационарных трассах в других регионах страны.

24.03-01.337 Результаты комплексного полевого эксперимента по отработке технологии зондирования земной коры с широкополосным измерительным комплексом с шумоподобными сигналами. *Бобровский В.В., Александров П.Н., Ильичев П.В. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2023, № 5, с. 18-22.* Рус.

В Научной станции Российской академии наук в городе Бишкек разработан и изготовлен новый электроразведочный измерительный комплекс с шумоподобными сигналами. Комплекс предназначен для электромагнитных исследований современных геодинамических процессов в литосфере северного Тянь-Шаня методом становления поля в ближней зоне. Применение шумоподобных сигналов с последующей их корреляционной обработкой позволяют получить значительный выигрыш в выходном соотношении сигнал/помеха по сравнению с традиционными электроразведочными системами. Представлены

24.03-01.334 Об аппроксимации граничного интегрального уравнения относительно интенсивности вихревого слоя с учетом кривизны поверхности обтекаемого профиля. *Кузьмина К.С., Марчевский И.К. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г.* М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 93-95. Рус.

результаты комплексного полевого эксперимента с измерительным комплексом. Цель эксперимента — отработка технологии зондирования земной коры и обработки получаемых данных. Особое внимание уделено оценке стабильности технических характеристик и параметров измерительного комплекса. Приведены первые результаты оценки погрешности измерения кривой становления поля, получаемой при обработке данных зондирования.

24.03-01.338 Особенности проведения сейсмического микрорайонирования на мерзлоте. *Трифонов Б.А., Милановский С.Ю., Несьнов В.В. Вопросы инженерной сейсмологии. 2023, 50, № 4, с. 106-114.* Рус.

Рассмотрены особенности проведения сейсмического микрорайонирования (СМР) на многолетнемерзлых породах (ММП). Ввиду сложности учета всех изменений сейсмических свойств дисперсных грунтов под влиянием климатических и антропогенных факторов предлагается при расчетах приращения балльности по методу сейсмических жесткостей (МСЖ) за эталонные грунты зоны ММП, относительно которых проводят расчеты, принимать скальные мерзлые грунты. При построении обобщенной модели скального грунта следует учитывать его сейсмические свойства, литологию, геокриологическое состояние, трещиноватость. Показано, как меняются расчетные значения приращений балльности при изменении состояния скального грунта от мерзлого до талого водонасыщенного и воздушно-сухого.

24.03-01.339 Алгоритм обработки микросейсм методом Н/V для оценки параметров двуслойной скоростной модели на основе расчета эллиптичности поверхностной волны Рэлея. *Яблоков А.В., Дергач П.А., Лисейкин А.В., Сердюков А.С. Вопросы инженерной сейсмологии. 2024, 51, № 1, с. 95-108.* Рус.

Исследование посвящено развитию метода Н/V (Накамуры) путем создания графа обработки микросейсмических данных, включающего этапы предварительной фильтрации, накопления амплитудных спектров, расчета частотной зависимости отношения спектров компонент (Н/V-кривой) и ее инверсии на основе расчета кривых эллиптичности поверхностной волны Рэлея. В результате применения алгоритма в точке измерения устойчиво определяются значения резонансных частот, глубина залегания кровли коренных пород и скорости поперечной волны в слоях грунтов и фундамента. Диапазоны поиска решения обратной задачи оцениваются с помощью результатов обработки данных активной сейсморазведки методом преломленных и поверхностных волн. В результате обработки Н/V-кривых построены карты распределения восстановленных параметров для всей площади вибросейсмического полигона около пос. Быстровка (Новосибирская обл.). Значения глубины залегания кровли фундамента, рассчитанные различными методами сейсморазведки, высоко коррелируют между собой. Карты распределения восстановленных параметров имеют применение для изучения строения верхней части геологического разреза, оценки глубины залегания коренных пород и определения приращения сейсмической интенсивности методом сейсмических жесткостей или расчетом синтетических акселерограмм землетрясений.

24.03-01.340 Алгоритм подавления поверхностных волн на данных 2D сейсморазведки методом главных компонент во временно-частотной области. *Яблоков А.В., Моисеев М.В., Сердюков А.С., Литвиченко Д.А. Геология и геофизика. 2023, № 5, с. 742-756.* Рус.

Поверхностные волны — основной источник когерентного шума в наземной сейсморазведке, а их подавление является одним из основных этапов обработки данных общей глубинной точки (ОГТ), призванных повысить качество прослеживания однократно отраженных волн на временных разрезах. На практике для шумоподавления используются процедуры из современного программного обеспечения (ПО), основанные на численном моделировании волновых форм. Но они являются слишком ресурсоемкими и имеют большое количество субъективно настраиваемых параметров. Общий недостаток известных алгоритмов — искажение энергии отраженных волн в зоне интерференции с волной-помехой либо неудовлетворительное качество подавления шума. Текущее исследование направлено на усовершенствование алгоритма фильтрации во временно-частотной области методом главных компонент (SKL) с целью преодолеть перечисленные выше ограничения, повысить точность и скорость работы его программной реализации, а также выполнить его апробацию при обработке профильных полевых данных наземной 2D сейсморазведки. Модификация алгоритма заключается в разработке нового способа определения статических поправок для спрямления годографа поверхностной волны в частотно-временной области и в использовании предпроцессинга, на котором предварительно удаляется сигнал отраженных волн. Эти и другие модификации обеспечили ускорение вычислений и повышение качества подавления поверхностно-волновых помех. Кроме того, алгоритм SKL ускорен распараллеливанием вычислений на логические ядра процессора. В работе приведено подробное описание алгоритма, показано его существенное преимущество по сравнению со стандартными методами полосовой и f/k -фильтрации, приведено сопоставление результатов обработки полевых данных, полученных процедурой SWANA из ПО «Geovation 2.0» и алгоритмом SKL. Результат, полученный алгоритмом SKL, превосходит процедуру SWANA по качеству фильтрации поверхностной волны и имеет всего четыре настраиваемых параметра (SWANA — 20 параметров).

24.03-01.341 Пространственные корреляции особенностей рельефа, гравитационного поля и аномалий скоростей сейсмических волн центральной зоны Камчатского региона. Есин Е.И., Василевский А.Н., Бушеникова Н.А. Геология и геофизика. 2024, № 2, с. 303-318. Рус.

Различные подходы к тектоническому районированию и разные типы (комплексы) используемых данных, на базе которых районирование производится, являют множественность прежде полученных различными авторами тектонических схем Камчатки и Камчатского региона. В данной работе для изучения пространственных связей тектонических проявлений геологических процессов использовался совместный анализ аномалий гравитационного поля, трансформант гравитационного поля и рельефа, магнитного поля и современных сейсмотомографических моделей аномалий скоростей. В результате проведенного исследования была построена тектоническая схема линейно-блокового типа. Полученные линейные структурные элементы хорошо согласуются с данными потенциальных полей, сейсмическими построениями и ранее опубликованными материалами. Показана продуктивность приведенного способа комплексного анализа геофизических полей для выявления их пространственных связей и блоковых структур среды, которые могут послужить основой для конструирования пространственных ограничений для источников гравитационного поля при решении обратных задач, задач разделения потенциальных полей и их углубленной геологической интерпретации.

Исследование геологических сред с использованием сейсмического шума

См. 24.03-01.132, 24.03-01.335, 24.03-01.336, 24.03-01.339, 24.03-01.340, 24.03-01.341

Обратные задачи сейсмоакустики

24.03-01.342 Сейсмоакустический отклик, возбуждаемый низкочастотным источником звука. Заславский Ю.М., Заславский В.Ю. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 фев-

раля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 55-60. Рус.

Теоретически анализируются поверхностные сейсмические волны, возбуждаемые источником звука, движущимся на незначительной высоте над границей по прямолинейной траектории с постоянной скоростью (дозвуковой режим) в атмосфере. В расчетах учитывается доплеровское смещение по частоте спектральных компонент, излучаемых акустическим источником, движущимся в атмосфере, а также частотная дисперсия фазовой скорости волн рэлеевского типа, характер которой определяется параметрами слоистой структуры среды. Особенности, возникающие вследствие эффекта Доплера и обнаруживаемые при регистрации сейсмического отклика, возбуждаемого движущимся источником, позволяют их использовать в решении задач, направленных на диагностику параметров грунта и реконструкцию его приповерхностной структуры. С этой целью моделируется взаимно-корреляционная функция сигналов с выхода двухлучевой крестообразной решетки сейсмоприемников, установленной на поверхности грунта.

24.03-01.343 Метод адаптивной пороговой вейвлет-обработки импульсных сигналов. Тристанов А.Б., Луквицкая О.О., Солодчук А.А. Морские интеллектуальные технологии. 2023, № 4-1, с. 205-213. Рус.

Регистрируемые на геодинамическом полигоне полуострова Камчатка сигналы геоакустической эмиссии (ГАЭ) являются сложным многокомпонентным источником информации о напряженно-деформированном состоянии среды на мезомасштабах. Данный вид сигналов имеет импульсную природу. В ряде работ было показано, что нарастание интенсивности следования импульсов является возможным предвестником землетрясений. Сигналы ГАЭ часто содержат шумы и помехи, появление которых обусловлено рядом причин, например, неоднородностью среды распространения, влиянием погодных условий, человеческой деятельностью и др. Так, сигналы ГАЭ содержат постоянно присутствующий фоновый шум, при этом его интенсивность меняется с течением времени. Этот шум существенно искажает форму геоакустических импульсов и тем самым осложняет анализ сигналов, выделение его структурных компонент и, как следствие, снижает достоверность его прогностических возможностей. В представленной статье приведены результаты оценки фонового шума геоакустических сигналов. Показано, что фоновый шум сигналов ГАЭ по структуре похож на грубо оцифрованный Гауссов шум, а отношение сигнал/шум для одиночных импульсов в среднем составляет 17 дБ. На основе этих оценок для очистки сигнала от шума и восстановления формы одиночных импульсов предлагается метод адаптивной пороговой вейвлет-обработки. Вейвлет-преобразование является достаточно распространенным методом представления нестационарных сигналов с локализованными частотно-временными особенностями. Значение порога рассчитывается эмпирическим методом Байеса. Для вейвлет-обработки выбраны койфлеты четвертого порядка. В заключении приведены результаты вычислительного эксперимента.

См. также 24.03-01.132, 24.03-01.335, 24.03-01.339, 24.03-01.340, 24.03-01.341

Акустика землетрясений, вулканических извержений, иных катастрофических природных явлений

См. 24.03-01.343

Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

24.03-01.344 О собственных частотах колебаний столба жидкости в нефтяной скважине, пересеченной трещиной ГРП. Шагапов В.Ш., Башмаков Р.А., Насырова Д.А. Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алжир, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 482-483. Рус.

24.03-01.345 К задаче обнаружения повреждений

трубопроводов акустическим зондированием. *Шаганов В.Ш., Галиякбарова Э.В., Хакимова З.Р. Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 483-485. Рус.*

24.03-01.346 Математическая модель колебаний

жидкости в скважине, сообщаемой с пластом. *Шаганов В.Ш., Рафикова Г.Р., Мамаева З.З. Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021). Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 487. Рус.*

См. также **24.03-01.239**

Акустическая экология; Шумы и вибрации

Шумы и вибрации в воздушной среде

24.03-01.347 Моделирование двигателя внутреннего сгорания как источника акустического излучения. *Яковенко А.Л., Микерин Н.А., Глазков А.О., Кузнецов С.М., Шатров М.Г. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 184-187. Рус.*

Двигатель внутреннего сгорания является основным источником шума автомобиля. Поэтому для снижения шума транспортных потоков в городе необходимо совершенствовать акустические характеристики двигателя. Задача становится все более актуальной с увеличением автомобильного парка мегаполиса. Оценку шума автомобиля производят при разгоне, что требует учета неустановившегося режима двигателя.

24.03-01.348 Диссипативный глушитель шума. Расчет и оптимизация. *Комкин А.И., Быков А.И., Крылова А.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1133-1137. Рус.*

Рассмотрена методика подбора конфигурации диссипативных глушителей с требуемой акустической эффективностью при ограничениях, налагаемых на их габаритные размеры. Особенность рассматриваемого подхода состоит в использовании интегрального показателя акустической эффективности и глушителя прототипа с безразмерными параметрами. Исследования проводились с помощью численных расчетов с использованием метода конечных элементов. В конечно-элементной модели диссипативного глушителя использовались акустические характеристики волокнистого звукопоглощающего материала, полученные на основе экспериментальных исследований.

24.03-01.349 Четырехканальное активное моделирование шумоподавления и автономное моделирование качества звука в электробусе на основе двух алгоритмов FxLMS. *Four-Channel Active Noise Control Modeling and Offline Simulation for Electric Bus Sound Quality Based on Two FxLMS Algorithms. Zhang E.L., Peng Z.L., Li Z.J., Lin Y.B., Zhuo J.M. Acoustical Physics. 2024. 70, № 1, с. 143-152. Англ.*

Aiming at the consensus problem of slow convergence for the active noise control (ANC) model based on standard FxLMS algorithm that leads to performance degradation, this paper takes the error signal and its variation as the inputs of fuzzy logic control, and proposes an improved FxLMS algorithm by fuzzy control mechanism with two-input-two-output TSK fuzzy rules (TSK-FxLMS); In addition, the four-channel ANC models based on standard FxLMS and TSK-FxLMS are constructed using the noise signals from four measuring points inside an electric bus under uniform and variable speed conditions, respectively. Ultimately, the offline simulation and acoustic parameter calculation results indicate that the A-weighted sound pressure level (ASPL) and loudness of the two FxLMS models within the low and middle frequencies are significantly reduced, whereas the TSK-FxLMS model has faster convergence rate, higher average reduction percentage of ASPL and loudness, which proves that the established four-channel TSK-FxLMS model has a better sound quality improvement effect than the standard FxLMS.

См. также **24.03-01.81, 24.03-01.317**

Подводные шумы и вибрации

См. **24.03-01.41, 24.03-01.282**

Шумы и вибрации под землей

24.03-01.350 Методика расчета дополнительных динамических осадок оснований плитных фундаментов зданий и сооружений от вибраций, распространяющихся в грунтовой среде. *Повколас К.Э. Наука и техника. 2024. 23, № 1, с. 46-57. Рус.*

Приводится методика расчета дополнительных осадок плитных фундаментов существующих зданий и сооружений от вибродинамических воздействий, которые возникают при производстве различных строительных работ вблизи них (забивка свай, вибропогружение шпунтовых балок, уплотнение грунтов тяжелыми трамбовками и виброкатками), а также от промышленного оборудования и транспорта. Методика включает следующие основные этапы. При помощи метода конечных элементов, или измеренных существующих вибрационных полей, определяется распределение максимальных ускорений колебаний грунта под подошвой фундамента по глубине и выявляется зона, в которой они превышают критические ускорения, при которых начинают проявляться объемные и сдвиговые деформации грунта. Грунт в основании фундамента разбивается на элементарные слои толщиной не более 1/4 ширины фундамента. Далее, по известным виброкомпрессионным зависимостям (зависимость изменения коэффициента пористости e образцов грунта от ускорения их колебаний a), которые получают в лабораторных условиях, определяются осадки каждого слоя, суммирование которых дает полную величину дополнительной динамической осадки S_d . Если она в совокупности со статической осадкой $S_{ст}$ превышает предельные нормируемые величины осадок, предлагается использовать три способа уменьшения или устранения S_d — буронинъекционное упрочнение зоны развития дополнительных осадок, использование горизонтальной инерционной плиты или вертикального барьера из легкожимаемых материалов на пути распространения колебаний, применение которых снижает интенсивность вибродинамических воздействий, передаваемых на рассматриваемые фундаменты.

Биологические эффекты шумов и вибраций

См. **24.03-01.97, 24.03-01.98**

Воздействие шумов и вибраций на сооружения и технику

См. **24.03-01.97, 24.03-01.98, 24.03-01.332, 24.03-01.350**

Структурная акустика и вибрации

24.03-01.351 Исследование вибрации при выполнении технологического процесса обработки заготовок на резбобрабатывающих и шлицефрезерных станках машиностроительных производств. *Набоков А.Е. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023, № 11, с. 427-430. Рус.*

На станках фрезерной группы выполняются различные операции по обработки металлических заготовок торцевыми, кон-

цевыми, пазовыми, цилиндрическими фрезами. С использованием режущих инструментов и приспособлений выполняются операции для нарезания резьб. Одним из основных источников шума и вибрации, превышающим санитарные нормы и оказывающим негативное влияние на работников, является система «режущий инструмент—обрабатываемая заготовка». В статье приведены результаты экспериментальных исследований закономерностей формирования спектров вибраций на рабочих местах станочников в нормируемом диапазоне звуковых частот при работе на станках моделей 5991, 5993, 5994, 5Б63, 5Б64, и 5Б65 и основных элементах виброакустической системы обследуемых станков в условиях реальной эксплуатации.

24.03-01.352 Разработка оборудования для повышения стойкости режущего инструмента, улучшения точности и качества процесса резания, снижения шума и вибрации при работе ленточнопильных станков. *Литвинов А.Е., Сизо А.А., Чукарин А.Н. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 11, с. 443-445. Рус.

Представлены результаты разработки комплексного устройства, внедренного в конструкцию ленточнопильных станков с целью повышения стойкости режущего инструмента, снижения шума и вибрации при работе на ленточнопильных станках, а также повышения точности и производительности всего процесса резания.

24.03-01.353 Теоретическое исследование вибрации и шума коробок скоростей токарных деревообрабатывающих станков с двухсторонними электродвигателями. *Абдулманова К.И., Финоченко В.А., Чукарин А.Н. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 11, с. 647-651. Рус.

Несмотря на малые мощности привода дневного движения токарные станки ТД 20, ТП 40 и ТВ 63 имеют высокие скорости вращения шпинделей 2150 и 2500 об/мин (соответственно) и поэтому создают повышенные уровни шума на рабочих местах станочников даже на холостом ходу. Источником повышенной интенсивности звукового излучения о колебательной системе корпусных и базовых деталей является шпиндельная бабка. Корпусные детали коробки передач с любым количеством частот вращения представляют собой полные коробчатые детали по форме близкие к прямоугольным параллелепипедам, а излучающие звуковую энергию элементы представляют собой плоские пластины ограниченных размеров. В данной статье представлен расчет скоростей пластинчатых конструкций, которые являются энергетически замкнутыми системами. В связи с тем, что энергетически замкнутые системы имеют малые величины диссипативной функции, определяемой коэффициентами потерь колебательной энергии, то для таких конструкций для расчета уровней шума предложено использовать метод энергетического баланса.

24.03-01.354 Разработка мероприятий по снижению шума и травматизма операторов круглопильных отрезных станков. *Сизо А.А., Литвинов А.Е., Новиков В.В., Чукарин А.Н. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 12, с. 110-112. Рус.

Представлены результаты разработки механизма, внедряемого в конструкцию круглопильных станков, и выполняющего сразу две важные задачи: обеспечение снижения шумов и вибрации при работе на круглопильных станках, и улучшение условия труда операторов данных станков, путем уменьшения травматизма при работе.

24.03-01.355 Защита от шума вибровозбужденных тонкостенных элементов конструкций станков дискретными вибродемпфирующими вставками. *Асминин В.Ф., Сазонова С.А., Самофалова А.С. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 12, с. 161-169. Рус.

Тонкостенные металлические конструкции (из пластин) широко распространены в машиностроении и встречаются в виде корпусов оборудования, технологических шкафов и кожухов различного назначения. При эксплуатации станков и иного оборудования тонкостенные металлические конструкции под-

вержены вибровозбуждению, что сопровождается интенсивным излучением шума. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований снижения шума от возбужденных металлических тонкостенных конструкций путем применения дискретных вибродемпфирующих вставок, размещаемых через перфорацию в пластинах.

24.03-01.356 Разработка оборудования для снижения шума и травмобезопасности операторов многопильных станков. *Сизо А.А., Литвинов А.Е., Чукарин А.Н. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 12, с. 169-171. Рус.

Представлены результаты разработки устройства, которое внедрено в конструкцию многопильных станков и одновременно решает две важные задачи: снижение шума при работе многопильных станков и снижение травматизма операторов, работающих на этих станках. В статье представлены результаты разработки устройства, внедряемого в конструкцию многопильных отрезных станков, и выполняющего сразу две важные задачи: обеспечение снижения шумов при работе многопильных станков и уменьшение травматизма операторов при работе на данных станках.

24.03-01.357 Эффективность использования вибрации в пневмошинных дорожных катках при устройстве автомобильных дорог. *Савельев С.В., Михеев В.В., Сачуж Ю.С. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2023, № 12, с. 640-644. Рус.

При строительстве автомобильных дорог необходимо учитывать степень уплотнения всех конструктивных слоев инженерного сооружения. Неуплотненное земляное полотно деформируется, в следствии чего снижается его стабильность. С течением времени этот процесс приводит к разрушению дорожного покрытия. На уплотняемость грунта влияют его свойства, способ уплотнения, тип рабочего органа катка и количество проходов по одному следу. В статье приводится анализ работы вибрационных катков — пневмошинного и гладковальцового при уплотнении грунта на примере суглинка. Представлены результаты исследований по определению площади контакта рабочих поверхностей с уплотняемой средой и величины напряжений, возникающих в грунте. В результате определены режимные параметры вибрационного пневмошинного катка: зависимость изменения напряженного состояния грунта от количества проходов по одному следу. Учёт предложенных результатов исследований позволит повысить эффективность применения вибрационных пневмошинных катков за счет регулируемых давлений в шинах.

24.03-01.358 Обоснование параметров виброизоляции бетонных фундаментов компрессоров. *Кравченко М.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 1, с. 10-15. Рус.

Расчеты параметров виброизоляции бетонных фундаментов компрессоров производятся с целью выбора его параметров (масса, размер подошвы), обеспечивающих достаточно малые амплитуды колебаний. Увеличение массы фундамента не всегда приводит к уменьшению амплитуды вибраций. Так, например, увеличение массы фундамента при неизменной площади подошвы связано со снижением частоты собственных колебаний установки и может привести к увеличению амплитуды за счет резонанса. При использовании в качестве привода электродвигателей, масса которых значительно меньше массы компрессора, оба агрегата устанавливаются на единой плите. Такие схемы соответствуют полу с акустическими разрывами.

24.03-01.359 Экспериментальные исследования акустических характеристик продольно- и поперечно-строгальных станков. *Шония Д.П. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 1, с. 92-100. Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований спектров шума продольно- и поперечно-строгальных станков. Представлены результаты экспериментальных исследований закономерностей спектрального состава акустических характеристик и выявление диапазонов, в которых уровни звукового давления превышают санитарные нормы. Эти закономерности подтверждаются и теоретическими выводами о закономерности

стях формирования виброакустических характеристик станков данного типа.

24.03-01.360 Экспериментальные исследования спектрального состава виброакустических характеристик станков долбежной группы. *Васильев А.П. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 1, с. 100-107. Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований спектров шума и вибраций, станков долбежной группы, проведенные в условиях их промышленной эксплуатации при различных технологических нагрузках. В зависимости от технических характеристик этих станков при выполнении работ согласно технологическому регламенту определяются источники создающие повышенные уровни шума, к ним — резец, ползун и заготовка, а вот изучением станины можно пренебречь. Это подтверждается и теоретическими выводами о закономерностях формирования виброакустических характеристик станков долбежной группы.

24.03-01.361 Анализ методов снижения вибраций и шума от оборудования для улучшения условий труда на производстве. *Шишкина П.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 1, с. 111-114. Рус.

В современном мире любая промышленность связана с применением специализированного оборудования, это касается и строительства, и машиностроения, и металлургии, и всех остальных производственных отраслей. Работа оборудования в подавляющем большинстве случаев сопровождается вибрациями и повышенным шумом. Что также, как и другие факторы может привести к несчастным случаям или профессиональным заболеваниям. Поэтому важно проводить анализ методов снижения вибраций и шума на производстве для непосредственного улучшения условий труда. В данной работе приводится статистика по несчастным случаям и профессиональным заболеваниям. Проводится анализ существующих методов снижения шума и вибраций от промышленного оборудования с целью снижения уровней влияния этих факторов на организм человека. Сделаны выводы, что комбинация различных технических и организационных мероприятий может значительно снизить воздействие этих факторов на работников и создать более безопасные и комфортные условия труда.

24.03-01.362 Расчет коробки скоростей полуавтоматического резбонарезного станка с улучшенными виброакустическими характеристиками. *Набоков А.Е. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 1, с. 435-440. Рус.

Одной из технических характеристик станочного оборудования является наличие зубчатых передач в приводе главного движения, которые создают повышенные уровни звукового давления даже при холостом режиме работы. Причем согласно проведенным исследованиям уровни шума генерируются в основном излучением корпуса коробки скоростей станка. Модернизация серийной конструкции коробки скоростей резбонарезного станка заключается в уменьшении количества зубчатых передач и подшипниковых узлов, динамика которых и приводит к вибрации корпусных деталей станка. Результаты проведенных исследований показали, что при работе коробки скоростей с улучшенными виброакустическими характеристиками в сравнении с базовой, уровни шума снижаются, что фактически исключает влияние звукового излучения фрезерной бабки на формирование звукового поля.

24.03-01.363 Процессы возбуждения вибрации и шума при ручной абразивной обработке сварных соединений. *Исаев А.Г. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 2, с. 32-35. Рус.

Обеспечение безопасных условий труда при реализации технологических операций является важной и актуальной задачей в современном производстве. К одной из популярных технологических операций относится сварка и абразивная обработка, которая является обязательным этапом по итогу проведения сварочных работ. Однако процесс обработки сопровождается повышенным шумовыделением, что подтверждается в различных источниках. Превышение предельно-допустимых уровней

шума приводит к снижению производительности и эффективности труда. В данной статье рассмотрены теоретические вопросы, связанные с образованием шума и вибрации при ручной обработке. В большинстве случаев приходится выполнять абразивную обработку вручную, а в этом случае, обеспечить выполнение санитарных норм уровня шума довольно сложно. Получены скорости колебаний абразивного инструмента при ручной зачистке сварных соединений. Представлены способы обеспечения безопасных условий труда в рабочей зоне.

24.03-01.364 Использование сочетания силового и кинематического возбуждения колебаний в вибро-транспортных и вибротехнологических системах с синфазными гармоническими колебаниями. *Усенко Н.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 2, с. 304-307. Рус.

Статья посвящена теоретическому обоснованию нового способа повышения производительности вибрационных нагрузочных устройств высокопроизводительных технологических систем обработки давлением.

24.03-01.365 Вибрационный стенд. *Карцев Н.С., Яропольский И.М., Смирнов В.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 2, с. 478-481. Рус.

Рассмотрено устройство простого вибростенда для испытания малогабаритных приборов. Приведены кинематическая и принципиальная электрическая схемы прибора. Стенд был представлен на выставке «Изобретатель и рационализатор — 2023».

24.03-01.366 Резонансные режимы движения электромеханических систем при колебаниях основания. *Ершов Д.Ю., Лукьяненко И.Н., Аман Е.Э. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2024, № 2, с. 554-558. Рус.

Предложено математическое моделирование резонансных явлений, развивающиеся при функционировании электромеханической системы, на примере вибрационного измерителя угловой скорости на колеблющемся основании. Определены условия возбуждения резонансных колебаний и получены условия устойчивости стационарных движений измерителя. Полученные результаты могут использоваться при проектировании датчиков угловой скорости и для оптимизации их параметров.

См. также 24.03-01.15, 24.03-01.111, 24.03-01.138, 24.03-01.233, 24.03-01.350

Поглотители слабых и интенсивных акустических волн

24.03-01.367 Сравнение двух постановок задач акустического воздействия на пластину со свободным демпфирующим покрытием. *Паймушин В.Н., Газизуллин Р.К. Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВСППС 2021).* Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 265-267. Рус.

24.03-01.368 Комплексные частоты свободных колебаний прямоугольной пластины с интегральным демпфирующим покрытием. *Паймушин В.Н., Фирсов В.А., Шишкин В.М. Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВСППС 2021).* Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 267-269. Рус.

24.03-01.369 Широкополосный резонансный звукопоглотитель на основе четвертьволновых резонаторов. *Асфандияров Ш.А., Томиллина Т.М. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС".* 2023, с. 996. Рус.

Поглотители звука различных типов широко применяются в промышленности, на транспорте, в строительстве и архитектуре и т.п. Особое место среди них занимают так называемые резонансные поглотители. В отличие от традиционных поглотителей, изготовленных из звукопоглощающих материалов и

эффективных в широких полосах высоких частот, резонансные поглотители представляют собой структуры (резонаторы Гельмгольца, четвертьволновые резонаторы в трубках и т.д.), обладающие высокой эффективностью в узких полосах низких частот. В последнее время в связи с появлением акустических метаматериалов и развитием аддитивных технологий возрос интерес к созданию компактных высокоэффективных низкочастотных резонансных звукопоглотителей нового типа из метаматериалов, изготовленных на 3D-принтерах. Возможности аддитивных технологий могут позволить расширить диапазон эффективности резонансных звукопоглотителей. Представлен компактный резонансный звукопоглотитель, изготовленный на основе четвертьволновых резонаторов — трубочек разной длины, эффективный в широком диапазоне частот (200—1200 Гц). Проведен расчёт эффективности поглощения такого звукопоглотителя с помощью метода конечных элементов. С помощью аддитивных технологий изготовлен опытный образец, эффективность поглощения которого измерена в импедансной трубе. Теоретически и экспериментально показана эффективность поглотителя в диапазоне частот 200—1200 Гц.

24.03-01.370 Применение ARMA-моделирования для оценки эффективности поглощения акустических метаматериалов резонансного типа. Карпов И.А., Гребенникова А.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 997. Рус.

В настоящее время все чаще стали применять так называемые параметрические методы спектрального оценивания, основанные на моделях авторегрессии и скользящего среднего (АРСС- или ARMA-модели). Параметрические модели дают возможность существенно повысить точность и разрешимость оценок спектральной плотности мощности с уменьшением вычислительных затрат. Один из таких методов был разработан и опробован экспериментально на простой структуре с одной степенью свободы (Известия РАН. Серия физическая. 2021. Т. 85. №6. С. 889-894). В данной работе метод усовершенствован и применен для экспериментального определения потерь более сложных структур — поглотителей из акустических метаматериалов на специализированном акустическом стенде ИМАШ РАН. Приведены результаты эксперимента, проведено сравнение с другими методами.

24.03-01.371 О возможности подбора унифицированного материала для средств акустической защиты. Кузьменко П.А., Крылов А.В., Волжова М.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1109-1114. Рус.

Представлен анализ различных типов эластомерных материалов и технологий их переработки. На его основе с учетом предъявляемых в кораблестроении требований подобран наиболее подходящий и технологичный состав эластомера. По результатам исследований эффективности опытных образцов акустических покрытий выполнена оценка возможности применения указанного состава как унифицированного и предложены способы его применения в конструкциях акустических покрытий.

24.03-01.372 Исследование акустической эффективности ячеек звукопоглощающих конструкций конической формы с проницаемыми поверхностями. Писарев П.В., Ахунзянова К.А. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Аэрокосмическая техника. 2023, № 4(75), с. 44-54. Рус.

Актуальность исследования обусловлена ужесточением норм

Международной организации гражданской авиации 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 и систем снижения авиационного шума. Одним из наиболее эффективных способов снижения шума авиационных двигательных установок является включение в ее состав звукопоглощающих конструкций. Как правило, звукопоглощающие конструкции представляют собой совокупность резонаторов Гельмгольца, выполненных в виде сотовой конструкции. Такие звукопоглощающие конструкции традиционно устанавливаются на внутренней поверхности воздухозаборника авиационного двигателя для снижения шума, распространяющегося в переднюю полусферу, и на стенках канала наружного контура двигателя для снижения шума, распространяющегося в заднюю полусферу. В настоящей работе представлены результаты исследования акустической эффективности широкополосных звукопоглощающих конструкций, оснащенных проницаемыми поверхностями. Для проведения экспериментальных исследований разработаны и изготовлены эталонные образцы ячеек звукопоглощающих конструкций, на основе взаимно перевёрнутых конусов. Лабораторные испытания проводились на интерферометре с нормальным падением звуковой волны. По результатам экспериментальных исследований выявлено, что проницаемые поверхности в совокупности со звукопоглощающей конструкцией на основе взаимно перевёрнутых конусов позволяют повысить широкополосность и акустическую эффективность конструкции. Ключевые слова: звукопоглощающая конструкция, ячейка Гельмгольца, резонансная частота, звукопоглощение, акустическая эффективность.

См. также **24.03-01.162, 24.03-01.325, 24.03-01.326, 24.03-01.329, 24.03-01.330, 24.03-01.348**

Шумоизоляция

24.03-01.373 Создание иллюстраций как метод освоения расчетных методик на примере дисциплины «Архитектурная физика» (раздел «Защита от шума»). Колмаков А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 242-247. Рус.

Освещена проблематика работы молодых специалистов с нормативными документами на примере преподавания дисциплины «Архитектурная физика» (раздел «Защита от шума») при обучении студентов ВУЗов архитектурных специальностей. Выявлены основные причины затруднений у студентов при восприятии и самостоятельном освоении материала. Представлено практическое решение, позволяющее сделать доступным освоение расчетных методик, на примере методик, изложенных в СП 276.1325800.2016.

См. также **24.03-01.325, 24.03-01.326, 24.03-01.329, 24.03-01.330, 24.03-01.367, 24.03-01.368, 24.03-01.371, 24.03-01.372**

Активные методы подавления шума

См. **24.03-01.330, 24.03-01.332, 24.03-01.349**

Акустика помещений; Музыкальная акустика

Акустика концертных залов

24.03-01.374 Органные залы в России (с 1950 до 2022): общие итоги и акустические проблемы. Крав-

чун П.Н. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 186-191. Рус.

Приведены общие сведения о концертных залах в России (новых и реконструированных), в которых в период с конца 1950-

х по 2022 годы были установлены концертные органы (общее количество залов, динамика их ввода в строй по годам, распределение по регионам, величина органов и др.). Кратко описаны основные проблемы в создании и реконструкции органных залов в России в последние десятилетия.

24.03-01.375 Акустика театрального зала Юсуповского дворца. Канев Н.Г., Лившиц А.Я., Фадеев А.С. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 191-199. Рус.

Юсуповский дворец — уникальный архитектурный ансамбль XVIII—XX вв., памятник истории и культуры федерального значения. В настоящей работе приводятся результаты исследования акустических характеристик театрального зала Юсуповского Дворца, а также краткая справка по его истории.

24.03-01.376 Акустика музыкальных театров Урала. Шевцов С.Е. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 200-210. Рус.

Представлен результат проведенных исследований звукового поля больших и репетиционных залов музыкальных театров Урала. Данные сценические площадки имеют богатую историю и занимают важное место в музыкальной культуре страны. Время строительства залов разное, поэтому и архитектурные стили разнообразны. В работе указывается на связь особенностей этих стилей с акустикой. Исследования проводились согласно стандарту ISO3382. Приводятся полученные и проанализированные данные по ряду основных акустических критериев. Затронута проблема настройки звукового поля репетиционных залов.

24.03-01.377 Оценка влияния способа закрепления декоративно-отделочных панелей на фон низкочастотного звукопоглощения в концертном зале. Лившиц А.Я., Фадеев А.С., Ширгина Н.В. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 211-220. Рус.

1 июня 2022 года введен в эксплуатацию концертный зал внутри одного из пакгаузов, построенных в Нижнем Новгороде более ста лет назад. Зал предназначен для проведения концертов и оперных постановок без звукоусиления. При производстве отделочных работ были допущены отступления от проектных решений: наличие воздушных полостей за гибкими обшивками, заниженная поверхностная масса потолка. Следствием этого явилось пониженное измеренное время реверберации на частотах ниже 1 000 Гц по сравнению с расчетными значениями. В лабораторных условиях проведены измерения коэффициента звукопоглощения конструкции стен по проекту и реально выполненной. Эти данные использованы для оценки времени реверберации в зале, в случае выполнения проектных решений. Приведены данные компьютерного моделирования акустики зала на стадии проект, результаты измерений в построенном зале и прогнозируемые значения для жесткого крепления стеновых панелей. Особенностью зала является задняя стена сцены, представляющая собой стеклянную светопрозрачную конструкцию, которая может закрываться секционной раздвижной перегородкой. Проведен анализ влияния конструкции задней стены сцены на акустические параметры зала для различных положений раздвижной конструкции. Приведены данные о субъективной оценке акустики зала.

Общие вопросы строительной акустики

24.03-01.378 Опыт применения резонаторов Гельмгольца для демпфирования собственных мод помещений. Канев Н.Г. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 221-226. Рус.

Для коррекции акустики помещений в области низких частот используют резонансные поглотители, которые при оптимальном подборе параметров — резонансной частоты и коэффициента трения — обеспечивают максимальное демпфирование собственных мод помещения. В настоящей работе приведены ре-

зультаты лабораторного и натурного экспериментов по применению резонаторов Гельмгольца для подавления собственных резонансов помещения. На лабораторном стенде исследовано взаимодействие резонатора и собственных колебаний помещения. В натурном эксперименте продемонстрирована возможность подавления первого собственного колебания реального помещения с размерами 5.5×3.6×2.8 м с помощью резонаторов объемом 50 и 100 л. Показано, что в системе «помещение-резонатор» образуется две близкие моды, которые в оптимальном режиме сливаются, образуя двойную моду, что хорошо согласуется с теорией. Приведены геометрические характеристики резонаторов Гельмгольца, даны практические рекомендации по их применению.

24.03-01.379 Численное моделирование меры высоты — нового пространственного акустического критерия для храмовых зданий и сооружений. Аleshкин В.М., Щиржецкий Х.А., Субботкин А.О. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 227. Рус.

In previous works, authors proposed a new spatial criterion for acoustics for prayer halls of religious buildings and structures — the height measure (LH). This parameter is an objective analogue of the so-called "voice of heaven which creates the feeling for listener that sound is coming from above due to the architectural features of the internal volume of the temple. The proposed criterion allows to set a subjective-objective correspondence for the degree of spatial sensation of the acoustic features of the prayer halls of religious buildings and structures and evaluate it in advance in the form of numerical parameter values at the stage of acoustic design.

24.03-01.380 Проблемы оптимизации времени реверберации в крупных спортивно-зрелищных сооружениях и практические возможности их решения. Перетокин А.В., Щиржецкий Х.А. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 228-240. Рус.

Высокий уровень акустического комфорта, обусловленный хорошей разборчивостью, низкой гулкостью и приемлемым уровнем шума, крайне важен при проведении спортивных и концертных мероприятий на крупных спортивно-зрелищных сооружениях (СЗС) большой вместимости. Однако при акустическом проектировании крупных СЗС можно столкнуться с рядом проблем, такими как ограниченность доступных площадей для применения звукопоглощающих отделочных материалов, существенную зависимость времени реверберации от температурно-влажностного режима, сложность точного учета частотной зависимости зон рассеяния звука, сложность учета влияния трансформации на время реверберации. Кроме того, одной из главных проблем, например, для футбольных стадионов с открытой крышей является потеря полной идентификации физического смысла времени реверберации как основной характеристики звукового поля в связи с расщеплением начального хода отзвука на ряд дискретных разнонаправленных звуковых потоков, и, следовательно, нарушения условий диффузности звукового поля как основы статистической теории. В настоящей работе представлены варианты решений данных проблем: теоретическое решение (создание аналитической модели звуковых полей и методов их расчета) и практическое решение (сохранение параметра времени реверберации как аналога требуемого фонда звукопоглощения для достижения допустимых оценок разборчивости речи и снижения уровней звуковой нагрузки). Проанализированы нормативные документы в части требований зависимости оптимального времени реверберации T_{opt} на крупных СЗС от их воздушного объема V , предложены новые зависимости $T_{opt}(V)$ на основании выводов и предположений, сделанных в рамках работы, а также имеющейся базы практических измерений времени реверберации на существующих крупных СЗС.

24.03-01.381 Измерения звукоизоляции строительных изделий в натуральных условиях с помощью интенсиометрии. Цукерников И.Е., Невенчанная Т.О., Щурова Н.Е. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО

"Издательство ГЕОС". 2023, с. 241. Рус.

The features of determining the sound insulation of building products in field conditions using intensimetry are considered, concerning the choice of the measuring distance, the location and type of the measuring surface in the receiving room. The possibility of applying intensimetry in the presence of interference noise created in the receiving room by reflected sound and indirect noise transmission from the source room has been experimentally shown. A comparative evaluation of the obtained results of measurements and calculations of sound insulation of building structures carried out in two ways: 1. According to the method of GOST 27296-2012 "Buildings and structures. Methods for measuring the

sound insulation of building structures"; 2. Intensimetry method according to ISO 15186-2:2003 "Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and building elements using sound intensity — Part 2: Field measurements. The results of sound insulation studies of building structures in conditions where the method of GOST 27296 is not applicable are considered. The limitations of the application of the intensimetry method for assessing sound insulation in natural conditions are determined. It is concluded that it is expedient to introduce in Russia the international standard ISO 15186-2, which establishes a method for determining the insulation of airborne noise by building products in natural conditions based on sound intensity measurements.

Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

Компьютерная обработка результатов эксперимента

24.03-01.382 Фазовая коррекция каналов полностью заселенной рандомизированной многоэлементной терапевтической решетки методом акустической голографии. Phase Correction of the Channels of a Fully Populated Randomized Multielement Therapeutic Array Using the Acoustic Holography Method. *Tsysar S.A., Rosnitskiy P.B., Asfandiyarov S.A., Petrosyan S.A., Khokhlova V.A., Sapozhnikov O.A. Acoustical Physics*. 2024. 70, № 1, с. 82-89. Англ.

The acoustic holography method was used to characterize a therapeutic focused fully populated 256-element ultrasonic transducer array. Elements of the array with the shape of equal area polygons are densely arranged in an irregular pattern on a spherically concave surface with a radius of curvature of 150 mm and a diameter of 200 mm. The array has a central frequency of 1.2 MHz and is designed to operate in water. The performance of individual array elements was studied based on the holographically reconstructed normal velocity distribution over the array surface. It was shown that with the same electrical signals applied to the elements, their acoustic responses had a phase deviation relative to the nominal values, which can be caused either by the asphericity of the array surface, or by the introduction of additional phase delays by the electrical matching network. To compensate for the detected parasitic phase shifts of the elements and restore the effective sphericity of the radiating surface, the Verasonics V-1 control system was used. The hologram measured after making the correction, as well as the shape of the focal region and acoustic pressure magnitude at the focus, separately measured by a hydrophone, showed that the proposed method reconstructed the nominal operating parameters of the array with high accuracy.

См. также **24.03-01.109, 24.03-01.221, 24.03-01.343**

Компьютерный эксперимент и численное решение классических линейных задач

24.03-01.383 Нелинейная устойчивость локализованных и нелокализованных вихрей во вращающемся газе (двумерный случай). Nonlinear stability of localized and non-localized vortices in rotating gas (2D case). *Rozanova O.S. 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах»*. Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премимум-принт». 2018, с. 10-11. Англ.

См. также **24.03-01.137, 24.03-01.324**

Численное решение обратных задач

См. **24.03-01.26, 24.03-01.271, 24.03-01.383**

Акустическая голография и томография

24.03-01.384 Неинвазивная механическая деструкция аденокарциномы простаты человека *ex vivo* методом гистотрипсии с кипением. *Росницкий П.Б., Цысарь С.А., Карзова М.М., Буравков С.В., Данилова Н.В., Пономарчук Е.М., Юлдашев П.В., Сапожников О.А., Кадрев А.В., Черняев А.Л., Черников В.П., Охоботов Д.А., Камалов А.А., Хохлова В.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 783. Рус.*

В клинической практике уже более 25 лет применяется метод неинвазивной тепловой абляции локализованного рака простаты с помощью мощного сфокусированного ультразвука. Несмотря на многолетнее успешное использование такого подхода, остаются некоторые проблемы, связанные с диффузией тепла из целевой области и сложностями мониторинга процесса облучения с использованием ультразвуковых методов (УЗИ). Поэтому возможность реализации нетепловых методов абляции представляет значительный интерес для исследования. В работе представлены плотные результаты, демонстрирующие возможность неинвазивной механической деструкции аденокарциномы простаты человека *ex vivo* методом гистотрипсии с кипением. Использовался сфокусированный излучатель с рабочей частотой 1.5 МГц и номинальным углом фокусировки 84° . Для характеристики акустического поля *in situ* в фокусе излучателя и выбора рабочей акустической мощности применялся численный алгоритм, основанный на методе акустической голографии и решении уравнения Вестерверльта. Воздействие проводилось в импульсно-периодическом режиме с длительностью импульсов 10 мс, периодом следования 1 с, дозой 30 импульсов на точку фокуса и расстоянием 1 мм между однофокусными разрушениями. Акустическая мощность излучателя составляла 734 Вт. Положения фокуса внутри аутопсийного образца ткани простаты во время воздействия отслеживались с использованием диагностического УЗИ-датчика, работающего в В-режиме по расположению экзогенной области. В результате облучения опухоли было получено объемное разрушение до состояния жидкой суспензии объемом 30 мм^3 , которое также хорошо визуализировалось на УЗИ как гипоехогенная область. После воздействия был проведен гистологический анализ разрушения, который подтвердил наличие опухоли и ее деструкцию на фрагменты субклеточных размеров.

См. также **24.03-01.66, 24.03-01.208, 24.03-01.231, 24.03-01.286, 24.03-01.382**

Обращение фронта и времени, адаптивные системы

См. **24.03-01.205, 24.03-01.382**

Акустика живых систем; Биологическая акустика

Действие акустических колебаний на биологические среды и живые организмы

24.03-01.385 Слуховая адаптация к условиям глубокой тишины у испытуемых разного возраста. *Андреева И.Г., Федоткина Т.В., Тимофеева О.П., Гвоздева А.П.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 738-743. Рус.

Выполнена проверка предположения об изменении с возрастом адаптационной способности слухового анализатора к условиям глубокой тишины. Исследование двух групп испытуемых обоего пола с возрастной нормой слуха (18–25 и 55–71 года) проводили в условиях анэхоидной звукоизолированной камеры. Были проведены измерения абсолютных тональных порогов слуха на аудиометрических частотах 1000, 2000, 4000 и 500 Гц до адаптации и после 30-минутной адаптации к глубокой тишине. Оценку порогов осуществляли для левого уха методом восходящего измерения с шагом 1 дБ, причем порядок предъявления сигналов разных частот сохраняли одинаковым до и после адаптации у всех испытуемых. Пороги слышимости после слуховой адаптации к тишине снижались по сравнению с периодом до нее на всех исследованных частотах в обеих группах испытуемых. Средние значения изменения порогов слуха были достоверно больше в группе молодых испытуемых. Снижение порогов в этой группе составило в среднем 4–7 дБ для разных частот ($p < 0.01$, для всех частот). У испытуемых старшей группы снижение было менее выражено и по средним данным не превышало 4 дБ ($p < 0.01$ для частот 1000 и 2000 Гц, $p < 0.05$ для 4000 и 500 Гц). Результаты свидетельствовали о снижении с возрастом адаптационной способности слухового анализатора к условиям глубокой тишины.

24.03-01.386 Анализ механизмов обработки сложных звуковых гармонических сигналов в слуховой системе человека. *Томозова М.С., Сутин А.Я., Нечасев Д.И., Милехина О.Н.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 744-747. Рус.

Звуковые сигналы с гребенчатым спектром нашли широкое применение в психоакустике. Однако, до этого использовались простые гребенчатые сигналы со спектром, описываемым одной гармонической функцией. В данном исследовании была применена сумма двух гармонических функций для формирования спектра сигнала. Было проведено сравнение двух экспериментальных парадигм. Первая это различие между референтными сигналами с плоским спектром и тестовым сигналом с гребенчатым спектром, вторая это различие между гребенчатыми референтными и тестовыми сигналами. Дополнительный гармонический сигнал имел ту же длину, ширину полосы и уровень, что и основной сигнал. Плотность основного сигнала варьировалась до достижения порога распознавания различия между стимулами, при этом плотность дополнительного сигнала оставалась постоянной. Был использован увеличивающийся ряд плотностей дополнительного сигнала как отдельных экспериментальных точек, а контролем служил стимул, который не содержал дополнительный сигнал. Для плоских референтных сигналов результаты можно было объяснить временным механизмом, когда спектральная картина стимула была неразрешимой. Для гребенчатых референтных сигналов данные можно объяснить схожими паттернами возбуждения улитки.

24.03-01.387 Новые подходы к изучению работы сенсорных систем. *Бибиков Н.Г.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 764-769. Рус.

В последние годы происходит существенная перестройка взглядов многих исследователей на функционирование сенсорных систем человека и животных. В наибольшей степени процесс затрагивает понимание принципов работы слуховой системы в целом, и прежде всего слуховых зон коры головного мозга млекопитающих. Такая ситуация обусловлена двумя основными причинами: 1. внедрением новых методик исследования ра-

боты нейронных ансамблей и 2. реальными успехами систем распознавания слитной речи, построенных на основе так называемых глубоких или многоуровневых нейронных сетей. Данные нейросети используют сравнительно простые обучающие алгоритмы, но при этом состоят из громадного числа взаимосвязанных друг с другом пороговых элементов. При этом реальный интерес представляют только выходные элементы (или ансамбли связанных между собой элементов), специфически реагирующие на сигнал, использованный при обучении. При этом реакция каждого отдельного элемента искусственной нейросети может быть трудно интерпретируемой. Постулируется аналогия таких глубоких искусственных нейросетей и биологических нейросетей, расположенных, прежде всего, в коре головного мозга млекопитающих. В данной работе некоторые из указанных соображений иллюстрируются на примере активности нейрональных ансамблей слуховой коры кошки, не подвергавшейся никаким фармакологическим процедурам и находившейся в состоянии спокойного бодрствования, дремоты или естественного сна.

24.03-01.388 Определение эффективных параметров костной ткани по характеристикам возбуждаемых бегущих волн для выявления диагностических признаков остеопороза. *Глушков Е.В., Глушкова Н.В., Ермоленко О.А., Киселев О.Н., Татарinov А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 835-840. Рус.

24.03-01.389 Метод ультразвуковой транскраниальной визуализации с использованием двумерной антенной решетки. *Асфандияров Ш.А., Росницкий П.Б., Цысарь С.А., Хохлова В.А., Синицын В.Е., Мершина Е.А., Сапожников О.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 866. Рус.

См. также **24.03-01.87**, **24.03-01.130**, **24.03-01.185**

Распространение акустических волн в тканях и органах

24.03-01.390 Реконструктивные методы визуализации тепловых флуктуаций в тканях человека с использованием ультразвуковой томографии. *Бограчев К.М.* Журнал радиоэлектроники. 2023, № 9, с. 9. Рус.

Гипертермия является перспективным и неинвазивным методом терапии. В процессе гипертермии необходимо контролировать температуру в нагреваемой ткани, причем также неинвазивным методом. Сквозная ультразвуковая томография — удобный неинвазивный метод, который позволяет визуализировать внутренние сечения распределения акустических свойств. Так как акустические свойства зависят от температуры, это позволяет выполнять визуализацию распределения температуры внутри тканей. Однако, точность этой техники существенно уменьшается для областей ткани, содержащих акустически непрозрачные объекты, такие как медицинские приборы или импланты, так как такие объекты не пропускают УЗ-лучи, что приводит к отсутствию части проекционных данных. Нагретый участок может также искажать проходящие лучи. Сравняются методы решения обратной задачи для восстановления в УЗ-томографии. Разработан специальный метод в верной проходящей УЗ-томографии, для восстановления температурного распределения из проекций, содержащих искажения с частично отсутствующими данными. Точность метода исследована компьютерным моделированием и сравнена с обычным EM-методом. Показано, что разработанный метод дает большую точность и меньше искажений при восстановлении чем стандартный EM-метод.

См. также **24.03-01.221**

Математическое моделирование процессов в медицинской и биоакустике

См. **24.03-01.130**

Речеобразование и восприятие речи

24.03-01.391 Роль дыхательных пауз при чтении поэтического текста (по данным онлайн-МРТ лёгких). Кедрова Г.Е., Анисимов Н.В. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 100-105. Рус.

Представлены результаты изучения дыхательных стратегий речесовещающих дикторов при чтении поэтического текста. Исследование распределения дыхательных пауз проводилось с использованием оригинальных протоколов, оптимизированных для МРТ-визуализации работы лёгких в режиме онлайн при речеобразовании. Анализ полученных МРТ-изображений обнаруживает достаточно высокую степень постоянства дыхательных операций, выполняемых говорящим в процессе чтения поэтического текста. Показано, что: 1) в процессе производства речи объём воздуха в лёгких поддерживается говорящим на протяжении всех фазонных периодов в большем объёме, чем при свободном дыхании в покое; 2) дыхательные паузы регулярно используются говорящим как восстановления исходного объёма лёгких; 3) для увеличения объёма лёгких в процессе фазонии говорящий может использовать разные операционные стратегии; 4) при коротких паузах реализуется модель незначительного расширения лёгких для оперативной «подкачки» воздуха.

24.03-01.392 Акустико-аудитивный анализ голоса и речи в криминалистических целях. Потапова Р.К., Потапов В.В., Курьянова И.В. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 106-111. Рус.

Решение основополагающих задач современной криминалистики (идентификация и верификация человека по голосу и речи, а также составление речевого портрета говорящего) базируется на всестороннем исследовании фонограмм акустическими и перцептивно-слуховыми методами в рамках фоноскопической экспертизы. В ходе проведения фоноскопической экспертизы могут возникнуть различные вопросы, основным из которых является идентификация личности по устной речи и атрибуция речевых высказываний конкретному говорящему. В настоящее время сфера применения судебной фонетики и акустики речи становится все более востребованной, при этом еще остается круг проблем, который требует от специалистов дополнительных глубоких исследований. Актуальной и крайне сложной для современной криминалистики в течение длительного времени является проблема исследования иноязычной речи на незнакомом эксперту языке (в частности, таджикском, цыганском, узбекском и азербайджанском). При этом наибольшую сложность при решении поставленной задачи представляет необходимость привлечения высококвалифицированного лингвиста, владеющего всеми тонкостями криминалистической идентификации человека по голосу и речи (акустическими и лингвистическими методами анализа фонограмм) и исследуемым национальным языком. Особенно эта задача усложняется при исследовании мало изученных с учетом лингвистической специфики анализируемых языков, в частности, цыганского. В связи с этим наиболее перспективными являются предлагаемые в настоящей работе комплексные языкозависимые автоматические и автоматизированные методы, позволяющие исследовать сегментные и супraseгментные параметры речевого сигнала экспертом, не владеющим языком, на котором говорит подозреваемый.

24.03-01.393 Диагностика психофизиологического состояния человека на основе речевого сигнала. Панченко А.А., Кравчук Д.А. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 112-117. Рус.

В настоящее время все большую популярность получает методика автоматического контроля психофизиологического состояния человека по речевому сигналу. Использование для контроля именно речевого сигнала не нарушает и не изменяет деятельности человека, позволяя осуществлять непрерывную и

дистанционную проверку. Свойства речи человека изменяются вместе с состоянием человека при психических и когнитивных нарушениях. Именно поэтому задача автоматического контроля психоэмоционального состояния так актуальна, особенно для представителей тех профессий, чья деятельность непосредственно связана с другими людьми (водители, машинисты, контролеры и т.д.). Исследование голосового сигнала возможно не только в режиме реального времени, но и по записи сигнала. По данным множества исследований, было выявлено, что понижение вероятности распознавания эмоций при инверсии записи речи составляет не больше 15%. Можно сделать вывод о том, что особенности психоэмоционального состояния кодируются в речевом сигнале независимо от его семантического элемента. И если речевой сигнал несет в себе нужную информацию для определения состояния человека специалистом, то очень вероятно, что нахождение характеристик этого сигнала для диагностики будет возможным.

24.03-01.394 Отражение эмоционального состояния детей 7–8 лет в характеристиках голоса. Клешинев Е.А., Ляксо Е.Е. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 118-123. Рус.

Данное исследование сосредоточено на изучении отражения эмоциональных состояний в речи детей. Целью исследования стало определение акустических характеристик эмоциональной речи русских детей 7–8 лет и выявление связи между акустическими характеристиками речи и распознаванием аудиторами эмоциональных состояний детей. В исследовании приняли участие 10 детей (5 — мальчиков, 5 — девочек) и 40 аудиторов. Проводили запись речи в модельных ситуациях — диалог с экспериментатором и «актерская» речь — произнесение слов, фраз, текстов бессмыслиц в эмоциональных состояниях «радость—нейтральное (спокойное) состояние—печаль—гнев—страх». Составлены три тестовые последовательности для распознавания аудиторами эмоционального состояния детей. Осуществлен спектрографический анализ речи детей в программе «Cool Edit Pro». Проанализированы значения частоты основного тона, минимальные и максимальные значения частоты основного тона, определены значения интенсивности, значения формант ударных гласных в ударных словах, посчитан индекс артикуляции ударных гласных для каждого эмоционального состояния. Показаны различия в акустических характеристиках речевого материала, характеризующего разные эмоциональные состояния детей.

24.03-01.395 Отражение эмоционального состояния в характеристиках речи и мимике детей с расстройствами аутистического спектра. Ляксо Е.Е., Фролова О.В., Матвеев А.Ю., Матвеев Ю.Н. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 124-129. Рус.

С целью изучения особенностей эмоциональной сферы детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) проведена серия экспериментов по определению эмоционального состояния детей по речевым сигналам и мимической экспрессии (перцептивный эксперимент и автоматическое распознавание), проанализированы акустические характеристики эмоциональной речи. Запись поведения, мимики и речи проведена при тестировании детей с РАС по методике Оценки Эмоционального Развития Детей (CEDM). В исследовании приняли участие 45 детей в возрасте 5-16 лет и 180 взрослых, участвующих в перцептивном эксперименте. Инструментальный анализ речи проведен в программе «Cool Edit Pro», автоматический анализ мимической экспрессии в программе FaceReader, речи — с использованием акустических признаков, извлекаемых из набора GeMAPS и eGeMAPS. Показано, что при прослушивании речи детей состояние дискомфорта взрослые лучше определяют (78% правильных ответов), чем состояние комфорта (67%). Средняя точность автоматического распознавания эмоциональных состояний по речи детей: набор GeMAPSv01b accuracy — 0,687; набор eGeMAPSv01b accuracy — 0,671. Определено, что речевые сигналы, отражающие разные эмоциональные состояния, различаются по значениям частоты основного тона, ее вариативности и длительности. Автоматически и по видео тестам взрослыми

лучше распознается нейтральное (спокойное) состояние детей по сравнению с другими состояниями. Обсуждается необходимость использования мультимодальных данных для более точного определения эмоциональных состояний детей с РАС.

24.03-01.396 Распознавание психоневрологического состояния детей с расстройствами аутистического спектра по характеристикам речи. *Николаев А.С. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 130-135. Рус.*

Цель исследования — изучение распознавания взрослыми психоневрологического состояния детей с расстройствами аутистического спектра (РАС), $n=35$, и типично развивающихся (ТР) детей, $n=47$, в возрасте 5-14 лет. Проведён перцептивный анализ, в котором приняли участие взрослые носители русского языка (аудиторы), $n=206$. Для перцептивного анализа созданы тестовые последовательности (аудиотесты), содержащие фразы детей с РАС и ТР детей, отобранные из записей спонтанной речи. Перед аудиторами стояла задача на основе слухового восприятия определить психоневрологическое состояние ребёнка: типичное — атипичное развитие. Проведён спектрографический анализ фраз детей с РАС и ТР детей. Фразы детей с РАС характеризуются более низкой по сравнению с фразами ТР детей скоростью речи, меньшим количеством слов, большей длительностью ударных и безударных гласных, более высокими значениями частоты основного тона (ЧОТ) по фразе, слову, ударному и безударному гласному.

24.03-01.397 Отражение эмоционального состояния в речи детей с умственной отсталостью. *Фролова О.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 136-141. Рус.*

Исследование проведено в рамках разработки подхода к диагностике эмоциональной сферы у детей с атипичным развитием и нарушениями развития. Цель исследования — выявить особенности отражения эмоционального состояния в речи детей с умственной отсталостью (УО), воспитывающихся в условиях детского дома. Произведена аудио и видео запись речи и поведения 20 детей 5–11 лет с умственной отсталостью при взаимодействии с экспериментатором и сверстниками. Осуществлен акустический анализ эмоциональной речи детей с использованием программы «Cool Edit Pro» и проведены перцептивные эксперименты, направленные на оценку возможности распознавания группами взрослых (аудиторов) эмоционального состояния детей при прослушивании их речи. Дополнительно выполнена оценка мимической экспрессии детей в программе «FaceReader» и их поведения. Анализ мимической экспрессии показал, что большую часть времени дети с УО находятся в нейтральном эмоциональном состоянии, реже — в состоянии радости. По речи детей аудиторы распознают состояния комфорта и дискомфорта лучше, чем нейтральное состояние. Определены акустические характеристики эмоциональных высказываний детей. Речь детей с УО в ситуации взаимодействия со сверстниками более эмоциональна, чем при общении с экспериментатором. Полученные данные могут быть использованы в дальнейшем при создании систем автоматического распознавания эмоционального состояния детей с УО по речи и для разработки стандартизированной методики оценки сформированности эмоциональной сферы ребенка.

24.03-01.398 Интонационные характеристики речи детей младшего школьного возраста в норме и с умственной отсталостью. *Павликова М.И. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 142-147. Рус.*

Целью работы было сравнить интонационные характеристики речи типично развивающихся (ТР) детей и детей с легкой формой умственной отсталости (УО) в периоды дошкольного и младшего школьного возраста. В работе использовали перцептивный и инструментальный анализ речи 30 детей, записанной в ходе диалога со взрослым. Перцептивный анализ позволил установить, что дети с ТР отвечают, главным образом, повествовательными предложениями, тогда как дети с УО достовер-

но чаще употребляют восклицательные предложения. Дети с УО часто произносили фразы, смысл которых был не понятен. Точность определения интонационно выделенных слов у детей с УО меньше, чем у детей с ТР. В обеих группах детей к более старшему возрасту в 100% случаев сформировалось словесное ударение за счет повышенной длительности ударных гласных. Скачки тона на ударных гласных у ТР детей снижаются с возрастом. У детей с УО выражены более значительные колебания тона, связанные с ударением. Также речь детей с УО характеризуется повышенными параметрами ЧОТ. В целом, в младшем школьном возрасте у детей с УО по интонационным характеристикам наблюдается отставание на 2–3 года от детей с ТР. Полученные данные могут быть использованы в компьютерных программах для коррекции речи детей.

24.03-01.399 Акустические характеристики речи взрослых в разных эмоциональных состояниях. *Куряжова А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 148-153. Рус.*

Цель работы — определить временные и спектральные характеристики высказывания, которые позволяют распознать эмоциональное состояние человека по речи. В исследовании принимали участие 12 взрослых носителей русского языка. Проводилась аудиозапись актерской речи информантов при произнесении текста — бессмыслицы в разных эмоциональных состояниях: радость, гнев, печаль, страх, нейтральное. Анализ временных и спектральных характеристик речи проводили в звуковом редакторе Cool Edit Pro. Максимальный диапазон ЧОТ (частоты основного тона) в мужской речи выявлен в высказываниях, произнесенных в нейтральном состоянии и состоянии радости, минимальный — в состоянии печали. Для женской речи — максимальный диапазон ЧОТ в состоянии радости и в состоянии гнева, наименьший — в состоянии печали и в нейтральном состоянии. Диапазон ЧОТ в женской речи больше, по сравнению с мужской. Для нескольких информантов показано, что длительность высказываний в состоянии печали была больше по сравнению с другими состояниями, а в состоянии радости наоборот минимальна. Таким образом, выявлены различия во временных и спектральных характеристиках высказываний в разных эмоциональных состояниях. Как мужские, так и женские высказывания в состоянии радости характеризовались максимальными значениями диапазона ЧОТ, в состоянии печали, наоборот минимальными, паузы между словами в высказываниях в состоянии печали выявлены как у мужчин, так и у женщин.

24.03-01.400 Фоносемантика и возможности ее современной интерпретации. *Потапова Р.К., Потапов В.В., Померанцев Н.Д. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 153. Рус.*

24.03-01.401 Методы распознавания эмоций человека на основе анализа речи и текстов. *Магниткина О.В., Волошина Т.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 154-159. Рус.*

Рассматриваются основные подходы к автоматическому распознаванию эмоций и анализу настроений человека на основе анализа текста и речи с применением методов машинного обучения. Анализ настроений направлен на выявление позитивных, негативных и нейтральных состояний, в то время как распознавание эмоций нацелено на выявление гнева, отвращения, радости, страха, удивления, грусти и проч. Представлен обзор наборов данных эмоциональной речи, содержащих аннотирование данных на основе дискретных и непрерывных моделей эмоций. Особое внимание уделено анализу методов предварительной обработки и методов извлечения признаков из текстов и речи. Кратко описаны методы машинного обучения и глубокие нейронные сети для создания моделей распознавания эмоций и приведен сравнительный анализ производительности для различных подходов для наборов данных IEMOCAP, MOSI, MOSEI, MELD.

24.03-01.402 Использование метода электроглотто-

графии для оценки эмоционального состояния говорящего. **Григорьев А. С.** *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 160-164. Рус.

Целью работы явилось определение формы ЭГГ волны, значений SQ и значений частоты основного тона (ЧОТ) речевого материала, произнесенного в эмоциональных состояниях радости, печали, страха, гнева и в нейтральном состоянии. Предметом исследования явились электроглоттограммы 12 здоровых испытуемых (6 мужчин и 6 женщин, возраст 25.3 ± 4.5 и 24.5 ± 4.8 лет соответственно). Регистрацию ЭГГ осуществляли с использованием электроглоттографа Model 7050A (VoceVista, Netherlands). В ходе исследования испытуемых просили изображать эмоции при произнесении: слов, фраз, и текстов-бессмыслиц в эмоциональных состояниях радости, печали, страха, гнева и в нейтральном состоянии. Все испытуемые не были профессиональными актерами и не имели актерского образования. Установлено, что значения коэффициента SQ у мужчин максимальны в нейтральном состоянии — 0.98; у женщин — в состоянии грусти — 0.97. Минимальные значения коэффициента SQ у мужчин показаны для состояния страха — 0.81, у женщин — для состояния радости — 0.69. У мужчин состояния гнева и радости характеризуются значимо более высокими значениями ЧОТ, чем нейтральное состояние; у женщин значения ЧОТ значимо выше в состояниях страха, гнева и радости, чем в состояниях грусти и нейтральном состоянии. Значимых различий по значениям ЧОТ между состояниями страха, гнева, радости; нейтральным состоянием и состоянием грусти не выявлено. Описаны преобладающие формы электроглоттографической волны для различных эмоциональных состояний.

24.03-01.403 Использование аппаратно-программного комплекса «Speech-Assistant» в режиме офлайн и онлайн обучения школьников с нарушениями слуха и речи. **Столярова Э.И., Солнушкин С.Д., Чижман В.Н.** *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 165-170. Рус.

Приводится описание модифицированного варианта аппаратно-программного комплекса «Speech-Assistant», предназначенного для коррекционно-образовательных занятий и тестирования детей с нарушениями слухоречевой функции, вызывающими трудности овладения навыками чтения и письма. Побудительным стимулом для этой разработки явились карантинные ограничения в связи с ковидом, препятствующие очным учебным занятиям. При этом принимался во внимание положительный опыт использования комплекса при очном обучении школьников 5–9 классов специализированной школы; способность школьников самостоятельно работать с программами комплекса при выполнении учебных заданий; современные возможности доступа к сети Интернет в домашних условиях; опыт дистанционного обучения. В доработанный вариант основной программы комплекса «Aud-Sp-Dis» были включены дополнительные опции: «импорт–экспорт» для интерактивного обучения и обмена учебными материалами между пользователями, а также опция «презентации». Представлены материалы, иллюстрирующие работу базовых и дополнительных опций программы.

24.03-01.404 Потенциальные возможности распознавания голосовых образов по фрагменту речи, зарегистрированному распределенным волоконно-оптическим сенсором. **Губарева О.Ю., Дацков М.В., Картак В.М., Макаров И.С., Гуреев В.О., Евтушенко А.С.** *XXV Международная научно-техническая конференция «проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТТ-2023. Том 1. Казань, 22–24 ноября 2023 г.* Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2023, с. 12-13. Рус.

Рассмотрена возможность использовать имеющиеся на контролируемом объекте волоконно-оптические линии связи с установленными на них системами вибро-акустического мониторинга для решения задачи идентификации личности пользователя по акустическим сигналам. Исследованы несколько методик снижения влияния акустических шумов: использование полосового фильтра Баттерворта, метод нормализации энергии

по каналам и метод спектрального стробирования. Для идентификации по голосу рассмотрен метод кепстрального анализа. Приведены результаты экспериментальных исследований, на основании которых сделано заключение о том, что метод на основе анализа мел-кепстральных характеристик позволяет идентифицировать пользователя с вероятностью 87%.

24.03-01.405 Применение стеганографии для скрытой передачи информации в звуковых потоках в реальном времени. **Караулова О.А., Шакурский М.В.** *XXV Международная научно-техническая конференция «проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТТ-2023. Том 1. Казань, 22–24 ноября 2023 г.* Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2023, с. 106-107. Рус.

Современный мир сталкивается с различными угрозами информационной безопасности, которые ставят под угрозу конфиденциальность и целостность данных. В этой связи, защита информации является одной из наиболее важных задач в различных областях деятельности. Существует множество методов для защиты информации, но одним из самых эффективных является стеганография — наука о скрытой передаче информации. Она используется для передачи данных, которые должны оставаться незамеченными для посторонних глаз с использованием стеганографических методов. Звук встречается в повседневной жизни, начиная с разговоров по телефону и заканчивая музыкой и видеороликами, в результате чего в последние годы появился большой интерес к изучению аудиофайлов и разработке алгоритмов встраивания и извлечения информации в звуковые потоки в режиме реального времени. Передача информации в режиме реального времени ограничена применением известных алгоритмов. Метод встраивания, используемый в мультимедийных контейнерах (метод меньших битов), может быть применен к контейнерам этого формата, но для лучшей последующей маскировки предлагается использовать двухкомпонентную стеганографическую систему. При исследовании аудиосигналов необходимо учитывать его формат (без сжатия, сжатием без потерь и с потерями).

24.03-01.406 Технологии распознавания речи на основе искусственного интеллекта как инструмент для развития навыков коммуникации и ораторского искусства. **Осипова А.А., Захарова О.И.** *XXV Международная научно-техническая конференция «проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТТ-2023. Том 1. Казань, 22–24 ноября 2023 г.* Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2023, с. 245-246. Рус.

Технологии распознавания речи на основе искусственного интеллекта (ИИ) могут улучшать навыки коммуникации и ораторского искусства. Уже сейчас такие технологии используются для тренировки речевых навыков, а также анализа, оценки и улучшения ораторских выступлений с обратной связью в режиме реального времени. Так, технологии могут помочь снизить тревожность при публичных выступлениях и повысить у спикера уверенность в себе. Кроме того, технологии распознавания речи помогают преодолевать языковые барьеры, способствуя глобализации коммуникации: позволяют практиковать как произношение, так и грамматику при изучении иностранных языков. Благодаря возможности субтитрования и транскрипции, эти технологии являются доступными для людей с нарушениями слуха. Искусственный интеллект же позволяет персонализировать обучение, что делает его более комфортным, а прогресс изучения быстрым. Несмотря на все преимущества, технологии распознавания речи имеют и свои ограничения. При использовании систем ИИ для восприятия речи необходимо учитывать разнообразие вариантов произношения и озвучивания, а также культурные особенности, которые могут влиять на это. Также необходимо учитывать проблемы конфиденциальности данных, поскольку использование данных человеческой речи в ИИ-системах может вызывать определенные этические вопросы.

24.03-01.407 Речь взрослых в разных эмоциональных состояниях: временные и спектральные особенности. *Adult Speech in Different Emotional States: Temporal and Spectral Features.* **Kurazhova V.** *Acoustical Physics.* 2024. 70, № 1, с. 175-181. Англ.

The aim of the study is to determine individual features of adult speech in different emotional states. The acoustic speech characteristics of 12 adult native Russian speakers were studied. The speech of informants uttering meaningless phrase in different emotional states was audio recorded: joy, anger, sadness, fear, and neutral. The temporal and spectral characteristics of speech were analyzed in the Cool Edit Pro sound editor. The maximum pitch range in male speech is revealed in phrases uttered in a neutral state and a state of joy; the minimum, in a state of sadness. For female speech, the maximum pitch range is in a state of joy and in a state of anger; the minimum, in a state of sadness and in a neutral state. The pitch range in female speech is larger than that in male speech. For seven informants, it was shown that the duration of utterances in a state of sadness was longer compared to other states, and in a state of joy, on the contrary, it was minimal. Both male and female utterances in a state of joy were characterized by maximum pitch range values; conversely, in a state of sadness, by minimum values. Pauses between words in utterances in a state of sadness were detected in both men and women. Thus, differences in the temporal and spectral characteristics of utterances in different emotional states are revealed. The individual features of the manifestation of the emotional state in the speech of adults are determined.

24.03-01.408 Распознавание голосовой идентичности на основе параметров спектральной модели источника голоса. Voice Identity Recognition Based on the Parameters of the Spectral Voice Source Model. *Makarov S., Osipov D.S. Acoustical Physics*. 2024. 70, № 1, с. 182-188. Англ.

The information content of the parameters of a spectral voice source model in an automatic voice identity recognition problem is studied. For the voice parameters, the identity recognition error was 20.8%; using these parameters together with the pitch period reduced the error to 13.8%. Lastly, the combined use of the spectral model parameters with the pitch period and mel-frequency cepstral coefficients provided the highest accuracy (the recognition error was 1.2%).

24.03-01.409 Автоматическая транскрипция мелодики речи с использованием музыкальной нотации на основе модели восприятия человеком высоты звука. Трифонов И.Н., Копылов А.В. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2023, № 11, с. 267-271. Рус.

В музыкальной практике существует задача представления речи в музыкальной нотации. В статье предложен алгоритм получения просодической транскрипции в музыкальной нотации. Предложенный нами алгоритм отличается от существующих тем, что в нём учитываются особенности восприятия звука человеком. Полученные результаты могут использоваться при написании музыки, для изучения взаимосвязи речи и музыки, а также для исследования речи.

См. также **24.03-01.386, 24.03-01.387**

Физиологическая и психологическая акустика

24.03-01.410 Оптимизация звуковых сигналов оповещения на основании метрик психоакустического раздражения. Римская-Корсакова Л.К., Шуляпов С.А., Пятаков П.А., Савицкий О.А. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1144-1153. Рус.

Звуковая сигнализация предназначена для информирования человека о состоянии окружающей среды. Среди сигналов оповещения можно выделить группу «охранных» сигналов, назначение которых состоит в уведомлении населения о приближении к охраняемому объекту, в извещении охраны о возможной попытке проникновения на объект, а также в оказании психологического воздействия на нарушителей. Существующие нормативные документы содержатся лишь общие требования к параметрам сигналов оповещения, что создает сложности проектировщикам охранных систем оповещения. Выходом из положения может быть использование психоакустического метода анализа субъективных качеств звуков в интересах выбора конкретных параметров сигналов оповещения. В данной работе

приводится пример оптимизации моделей звуковых сигналов оповещения, путем расчета и анализа метрик краткосрочного психоакустического раздражения (psychoacoustic annoyance — PAA), учитывающих такие показатели качеств звуков (sound quality — SQ), как громкость (loudness — показатель N), резкость (sharpness — показатель S), сила колебаний (fluctuation strength — показатель F) и хриплость (roughness — показатель R). Сопоставление расчетов метрик PAA с результатами слухового ранжирования выбранных модельных сигналов оповещения по критерию «тревожной периодичности» выявило хорошее сходство.

24.03-01.411 Применение акустических сигналов, принимаемых из головы человека, для выявления засыпания. Миргородский В.И., Герасимов В.В., Герус А.В., Дементьев В.В., Коралёв Е.М., Курдин А.П. *Биомедицинская радиоэлектроника*. 2024. 27, № 1, с. 36-43. Рус.

Существует проблема определения засыпания операторов, работа которых требует внимания. Это обычно осуществляется путем регистрации сигналов их пульса и дыхания, что требует размещения на теле операторов соответствующих датчиков, что само по себе бывает не просто, и при этом наличие датчиков затрудняет движения операторов. Создание датчиков, в меньшей степени обременяющих операторов и уменьшение количества датчиков является, по мнению авторов, важной проблемой. Цель. Изучить возможность определения засыпания испытуемого по акустическому сигналу, снимаемого с виска испытуемого. Результаты. Показано, что из сигнала с виска испытуемого возможно выделение сигналов пульса и дыхания, по которым можно надежно судить о засыпании испытуемого. Практическая значимость. Предлагаемый метод имеет преимущество по сравнению с обычно используемыми методами раздельной регистрации пульса и дыхания, методической простотой, а также тем, что прием акустической эмиссии из височной области может быть сделан менее обременяющим для испытуемых, чем обычно используемые датчики пульса и дыхания. Такой контроль должен, по мнению авторов, представлять интерес для профессий, сопряженных с необходимостью сохранения длительного внимания.

24.03-01.412 Акустика пространства в ранней лирике Георгия Адамовича. Радионова А.В., Журавкова А.В. *Вестник Нижегородского ун-та*. 2018, № 1, с. 182-188. Рус.

Исследуется роль акустических тем, мотивов и образов в семантической организации стихотворений сборников «Облака» и «Чистилище» Г.В. Адамовича, выявляются закономерности, связанные с их употреблением. Охарактеризованы устойчивые тематические комплексы, содержащие минимальные темы тематического поля «акустика», определена семантическая роль акустических тем и их символическое значение. Акустические образы являются посредниками между мирами, связывают внешнее пространство реалий окружающего мира с внутренним пространством чувств и переживаний лирического субъекта. Звуки, имея трансцендентный характер, сигнализируют о мерцании пространств и времен: реального—воображаемого, реального—трансцендентного, реального—мифологического, обыденного—экзотического, прошлого—настоящего—будущего, жизненного—посмертного, а также становятся атрибутами событий межкультурного и общекультурного статуса, признаком трагической перипетии в судьбе субъекта.

См. также **24.03-01.385, 24.03-01.386, 24.03-01.407, 24.03-01.408**

Акустика эхолоцирующих животных

24.03-01.413 Автономный регистратор коммуникативных сигналов морских млекопитающих «Белуха». Галутин В.З., Волж Г.М., Кочетов О.Ю. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 427-431. Рус.

Рассмотрена возможность создания портативного автономного регистратора гидроакустических сигналов с целью мо-

нитинга «акустического загрязнения» и оценки интенсивности коммуникации морских млекопитающих. Разработаны алгоритмы записи, которые позволяют осуществлять мониторинг на протяжении двух месяцев при использовании одной SD карты емкостью 16 Гб. Результаты натурных испытаний опытной партии приборов подтвердили расчетные технические характеристики и продемонстрировали возможность многократного использования регистраторов.

24.03-01.414 Стратегии акустического поиска впередсмотрящего импульсного сонара дельфина. Иванов М.П., Данилов Н.А., Романов Б.В., Красницкий В.Ю., Рогачева О.Н. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 725-731. Рус.

В процессе активной работы импульсного сонара китообразных в зависимости от акустической обстановки, дельфин использует различные сигналы при поиске подводного объекта. В работе приводятся примеры изменения стратегии поиска с использованием дельфином излучения пакетов импульсов с разнообразной длительностью, изменением количества импульсов в пакете с различными законами временимпульсной модуляции и манипуляции. Доказательная база основана на результатах собственных экспериментов на представителях зубатых китообразных *Tursiops truncatus* и *Delphinapterus leucas*, а также по результатам опубликованных работ. По полученным данным просматривается использование стратегии моноимпульсного и мультимпульсного режимов эхолокационного поиска. Мультимпульсный режим основан на излучении пакетов, состоящих из ультракоротких широкополосных биполярных сосредоточенных во времени импульсов и использовании в этих пакетах временимпульсной модуляции. При смене стратегии поиска дельфин формирует составные пакеты импульсов, в которых используется не только временимпульсная модуляция, но и манипуляция сложной временной структуры временного интервала. В стратегии моноимпульсной эхолокации акустический контакт или слежение за объектом поиска видно по коэффициенту перекрытия, который равен ~ 1.2 при контакте с целью, а при потере контакта с целью коэффициент перекрытия как правило меньше 1 или достигает 2 и более. Аналогичные правила изменения стратегии поиска используются дельфином при мультимпульсном режиме, но при сложной манипуляции коэффициент перекрытия может быть много меньше 1.

24.03-01.415 Эффективность классификации шумовых сигналов дельфинами (*Tursiops truncatus*) в условиях шумовых помех. Ази А.В. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 732-737. Рус.

В рамках исследования способности дельфинов решать задачу идентификации и классификации по определенным инвариантным признакам шумовых сигналов рассмотрена возможность ее решения в условиях акустических помех. На дельфинах-афалинах, обученных различать и классифицировать подобные сигналы, проведено исследование их возможности выбора определенного класса сигналов в условиях, имитирующих реальные морские, когда полезный сигнал воспринимается на фоне множества похожих, но ненужных сигналов и просто фона помех. Восприятие шума, как полезного положительного сигнала, происходило на фоне белого маскирующего шума в случае последовательного предъявления сигналов, а также на фоне белого шума и одновременно звучащих отрицательных сигналов, воспринимаемых как помеха, в случае одновременного (альтернативного) предъявления. Определена эффективность распознавания класса положительных сигналов при различном соотношении сигнал/шум.

Звукообразование и восприятие акустических сигналов животными

24.03-01.416 Развитие слуха птиц и реабилитация микрофонного компонента кохлеарного потенциала в онтогенетических исследованиях. Голубева Т.Б. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство

ГЕОС". 2023, с. 748. Рус.

Исследования развития слуха птиц в онтогенезе с помощью регистрации кохлеарных и стволовых вызванных потенциалов позволили выделить в становлении пороговой чувствительности три этапа, характеризующиеся разной скоростью понижения порогов. Продолжительность этих этапов зависит от типа онтогенеза. Так, второй этап, характеризуется быстрым понижением порогов микрофонного компонента (МК), он короткий у зрелорождающихся птиц и продолжительный у незрелорождающихся. Границы этапов определяются факторами развития эндотермии, прежде всего развитием легких и появлением собственной вокализации, и развитием терморегуляции. Потенциал действия слухового нерва и, соответственно, стволовой слуховой потенциал (auditory brainstem response, ABR) появляются значительно позже МК. Для незрелорождающихся показано, что до появления ABR и с небольшой задержкой после момента появления МК слух участвует в пищевом поведении птенца. Начало формирования ABR совпадает с появлением рефлекторной активности мышцы среднего уха, способности определения направления на источник звука и с началом формирования оборонительного поведения. Развитие пороговой чувствительности слуха хорошо показывают вызванные потенциалы из высшего слухового центра, поля *L*. Но процедура определения порогов вызванных потенциалов из высшего слухового центра требует продолжительно времени и совсем не пригодна для выявления, например, зависимости характеристик слуха от степени пищевой мотивации (у птенцов воробьиных птиц цикл кормления составляет 15–30 минут). Используя регистрацию МК удалось показать видовые особенности развития слуха птиц. У чаек пороговые кривые МК на первом и в начале второго этапа развития чувствительности слуха характеризуются резкими перепадами значений порогов в узких диапазонах, минимальные значения порогов усугубляются при появлении собственной вокализации эмбрионов, затем пороговые кривые сглаживаются. Сканирующая микроскопия развития слухового эпителия выявила особенности образования и созревания волосковых клеток — волосковые клетки созревают поперечными полосами, перемежающимися с недифференцированным эпителием, что не характерно для большинства других птиц. На третьем этапе развития слуха области повышенной чувствительности на пороговых кривых МК перестают полностью совпадать с пороговыми кривыми, полученными методом регистрации вызванных потенциалов из поля *L*, что связано с развитием эфферентной активности волосковых клеток. Однако МК хорошо показывает продолжающееся развитие слуховой чувствительности на высоких и низких частотах.

24.03-01.417 Частотные эффекты стимул-специфической адаптации нейронов первичной слуховой коры мыши (*Mus musculus*) к последовательностям звуковых импульсов. Егорова М.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 749-755. Рус.

Выполнено нейрофизиологическое исследование частотных эффектов стимул-специфической адаптации нейронов первичной слуховой коры домовой мыши (первичного A1 и переднего AAF слуховых полей). На фоне адаптации к последовательности из четырех идентичных тональных сигналов, имитирующих временную структуру серий криков дискомфорта мышат, мышам предъявляли пятый стимул, отличающийся от первых четырех только по частоте. Это приводило к освобождению от адаптации в ответах нейронов на пятый стимул, т.е. величина ответа на пятый стимул превышала ответы на второй—четвертый стимулы.

24.03-01.418 Частотные аспекты временного кодирования звуковой информации одиночными нейронами слухового центра среднего мозга мыши. Хорунжий Г.Д., Егорова М.А. Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 756-762. Рус.

Исследовано распределение паттернов ответов (т.е. типов разряда) в возбудительных частотных рецептивных полях одиночных нейронов центрального ядра заднего холма домовой мы-

ши. Анализ закономерностей распределения паттернов показал, что у большинства нейронов их изменения происходили на удалении от характеристической частоты нейрона равном $1/3-1/2$ октавы, как в сторону низких, так и высоких частот. Этот частотный диапазон соответствует ширине критических полос нейронов центрального ядра. У значительной части нейронов изменения разряда выражались в ослаблении фазного и/или тонического компонента ответа. Обсуждается универсальность механизма критических полос слуха, его вовлеченность не только в частотное, но и временное кодирование звуков.

24.03-01.419 Точность воспроизведения ритма нейронами первичной слуховой коры мыши (*Mus musculus*) при действии серий звуковых импульсов. Акимов А.Г., Егорова М.А. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 763. Рус.

Выявлен эффект усвоения ритма серий звуковых импульсов нейронами первичного (A1) и переднего (AAF) полей слуховой коры домовых мышей. Серии звуковых импульсов были

образованы четырьмя 100-мс тональными сигналами, частота которых соответствовала характеристической частоте нейрона, интервал между тональными составляющими одной серии был одинаков, а в разных сериях варьировал от 0 до 1000 мс. В ответе нейронов на предъявление серий из четырех тонов был выражен ответ на пятый несуществующий импульс (а в некоторых случаях и на шестой) с сохранением ритма серии (т.е. межимпульсных интервалов). Эффект был выражен в диапазоне межимпульсных интервалов 200–700 мс. Такие значения межимпульсных интервалов соответствовали процессу восстановления ответов подавляющего большинства нейронов слуховой коры от постстимульной адаптации к сериям идентичных тонов. При межстимульных интервалах менее 200 мс постстимульная адаптация была максимально выражена, а усвоения ритма не наблюдалось. При интервале 1000 мс адаптация не проявлялась, тоны в серии воспринимались как независимые события, и усвоения ритма также не наблюдалось. Обсуждаются нейрофизиологические механизмы выявленного эффекта и его роль в восприятии акустической информации.

См. также **24.03-01.387**

Физические основы технической акустики

Устройства для генерации, репродукции, приема акустических сигналов

См. **24.03-01.212**

Акустические измерения и аппаратура

24.03-01.420 Разработка преобразователей пространственной вибрации. Орлов А.В., Смирнов В.Я. *Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20–23 сентября 2021 г.* Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021, с. 41–45. Рус.

24.03-01.421 Композиционные материалы гидроакустических преобразователей для экстремальных условий. Парфенов А.А., Дыжина Л.А., Гончаров М.А., Медведев С.С. *Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20–23 сентября 2021 г.* Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021, с. 177–185. Рус.

24.03-01.422 Экспериментальное исследование высокочастотных колебаний бурильной колонны. Бажтин В.К., Дерябин М.С., Касьянов Д.А., Мананков С.А., Шакуров Д.Р. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 67–72. Рус.

Представлен опыт измерения высокочастотных вибраций бурильной колонны в процессе бурения. Регистрация вибраций велась с помощью специально изготовленного для этих целей скважинного регистратора шумов. В его конструкцию были встроены три акселерометра, измерительные оси которых образуют ортогональную систему координат. Вибрации регистрировались в полосе частот от единиц Герц до 25 кГц. Измерения проводились при различных операциях бурения: бурение ротором, бурение направленное, проработка, наращивание, промывка. В состав бурильной колонны входил винтовой забойный двигатель. Исследования проводились несколько суток. В состав записанных данных входят осциллограммы, снятые отдельно с каждого из трех акселерометров, зависимость температуры и давления в скважине от времени. Основной задачей было исследование высокочастотных шумов в процессе бурения, поэтому при регистрации частоты ниже 1 кГц были частично подавлены фильтром высоких частот. В работе приводятся особенности шумовой картины для различных операций бурения.

24.03-01.423 Использование головных волн для определения продольных напряжений в рельсах. Курочкин К.В., Кириллов А.Г. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 922–929. Рус.

Исследована зависимость скорости распространения головной (продольной критически преломленной) волны в рельсовой стали от напряжения. Предложен алгоритм определения продольного напряжения в рельсе на основе измерения времени распространения головной волны. Выполнен анализ погрешностей. Представлены основные параметры и изложен принцип работы акустического тензомера, в котором используется излучение и прием головных волн с помощью контактных пьезоэлектрических преобразователей и реализуется дифференциальная схема измерения. Приведены результаты оценки остаточных сварочных напряжений в головке нового рельса.

24.03-01.424 Разработка и исследование технологических жидкостей на основе суспензий наночастиц. Дамдинов Б.Б., Ершов А.А., Митылов Ч.М., Харуж Г.Н., Максимова О.М. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 930–935. Рус.

Экспериментальное исследование механических свойств коллоидных суспензий наночастиц было проведено реометрическим и акустическим методами. Показано, что с увеличением концентрации частиц жидкая дисперсная система из ньютоновской жидкости становится неньютоновской. Рассмотрены данные, полученные на основе стоковской модели поглощения звуковых волн. Проведен обзор современных исследований в области влияния металлосодержащих мелкодисперсных компонентов на эксплуатационные характеристики смазочных материалов. Проведен анализ по классификации, составу и свойствам металлосодержащих присадок, также показан механизм взаимодействия дисперсных компонентов. Проведено исследование наночастиц железа и серебра методом комбинационного рассеяния света. Были определены смещения спектральных линий при различных температурах.

24.03-01.425 Акустическое исследование диэлектрических характеристик адсорбированной воды. Симачков И.Г., Гулгенов Ч.Ж., Базарова С.В., Очиров Т.Ч. *Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г.* М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 936–941. Рус.

Акустоэлектрическим методом исследованы диэлектрические характеристики адсорбированной воды. Обнаружено наличие релаксационного процесса со временем диэлектрической релак-

саци $\tau 10^{-8}$ с. Методом круговых диаграмм уточнены значения низко- и высокочастотного пределов действительной части диэлектрической проницаемости адсорбированной воды в области ориентационной релаксации. Показано, что частотные зависимости диэлектрических характеристик адсорбированной воды могут быть успешно интерпретированы в рамках теории Дебая. Время диэлектрической релаксации адсорбированной воды существенно отличается от времени релаксации воды в объемной жидкой фазе.

24.03-01.426 О варьировании основных характеристик перспективных амортизирующих конструкций. *Волкова Н.В., Кузьменко П.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1115-1125. Рус.

При проектировании конструкций широко используются численные методы, гарантирующие хорошее совпадение характеристик с экспериментально полученными результатами. Изложен и проиллюстрирован разработанный подход для ряда конструктивных исполнений амортизаторов, позволяющий на стадии проектирования осуществлять расчетные оценки основных характеристик создаваемых изделий. Приведены результаты исследования напряженно-деформированных состояний и определения основных, функционально важных характеристик при варьировании материала упругого элемента перспективных амортизирующих конструкций.

24.03-01.427 Спектральные коэффициенты связи между скорректированными виброскоростями и значениями в октавных полосах частот. *Цукерников И.Е., Невенчанная Т.О., Тихомиров Л.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1126. Рус.

Оценка вибрации, создаваемой подвижным составом железнодорожного транспорта в помещениях жилых и общественных зданий, расположенных вблизи железнодорожных линий, в соответствии с положениями СП 441.1325800.2019 может выполняться по вибрационным характеристикам поездов (значения параметра вибрации (виброскорости или виброускорения) на опорном расстоянии от оси ближнего железнодорожного пути). Несмотря на то, что по действующему санитарному законодательству нормируемым параметром вибрации в помещениях жилых и общественных зданий является скорректированное значение виброускорения, прогнозный расчет в соответствии с СП следует выполнять в октавных полосах нормируемого частотного диапазона в силу частотной зависимости параметров грунта, используемых в расчете. В настоящей работе рассматривается методика определения спектральных коэффициентов связи между скорректированными значениями вибрационных характеристик железнодорожного транспорта и их значениями в октавных полосах частот. Приведены значения вибрационных характеристик и спектральных коэффициентов связи для пригородных электропоездов, определенных по результатам статистической обработки измерений виброскорости вблизи линии Савеловского направления г. Москвы при прохождении 87 электропоездов. Полученные значения могут быть использованы для выполнения прогноза вибрации и структурного шума от движения пригородных электропоездов, движущихся со скоростями в диапазоне 30–60 км/ч, в котором выполнены измерения. В дальнейшем целесообразно распространить рассмотренную методику на другие типы железнодорожного движения (пассажирские, грузовые и скоростные поезда) и оценить возможность использования полученных значений коэффициентов связи для прогноза вибрации от движения пригородных электропоездов на действующих железнодорожных линиях по измерениям только скорректированных значений виброскорости.

24.03-01.428 Влияние конфигурации верхней кромки акустического экрана на его эффективность. *Мусаева Р.Н., Комжин А.И.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1138-1143. Рус.

Исследовались акустические характеристики экранов, особенностью которых была различная форма их верхней кромки. Исследование проводилось на основе конечно-элементного моделирования в программном продукте "Comsol". Были рассмотрены различные варианты оформления верхней кромки, характерный размер которой оставался неизменным. Было установлено, что изменение формы верхней кромки оказывает существенное влияние на дифракцию звука экраном.

24.03-01.429 Результаты оценки координат автономных подвижных морских роботов с использованием акустического маяка и векторно-скалярных антенн. *Глебова Г.М., Жбанков Г.А., Кузнецов Г.Н.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1154-1159. Рус.

Разработан и исследован метод непрерывной оценки координат движущегося морского робота. Показано, что применение разнесенных в пространстве малогабаритных векторно-скалярных антенн, стационарно установленных в волноводе, позволяет решить задачу триангуляции и определить горизонтальные координаты, а учет лучевой структуры и согласованная фильтрация обеспечивают оценку глубины робота.

24.03-01.430 Результаты исследования характеристик направленности низкочастотного шумоизлучения судна с учетом передаточных функций волновода и позиционирования. *Глебова Г.М., Жбанков Г.А., Кузнецов Г.Н.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 1160-1165. Рус.

Экспериментально исследуется метод построения для дальней зоны акустической модели шумоизлучения надводного судна с использованием равномерно распределенных вдоль корпуса излучателей монополюсного типа, характеристики которых измерены в ближней зоне. Для выбранных дискретных составляющих и линейной модели протяженного источника рассчитаны параметры эквивалентных монополюсных источников излучения и построены характеристики направленности, приведенные к свободному пространству. Высокоотчетное позиционирование судна и акустическая калибровка волновода позволили получить хорошее согласие расчетных и экспериментальных данных — как характеристик направленности, так и распределения звукового давления вдоль траектории движения судна.

24.03-01.431 Влияние поверхности раствора на распространение сигналов акустической эмиссии в ходе гетерогенной химической реакции с выделением газа. *Азимов Ш.Ш., Петухов В.Н., Хасанов Т.А., Лакаев А.Н.* Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023, 66, № 11-12, с. 679-684. Рус.

Экспериментально исследовано влияние состояния поверхности жидкости на распространение сигналов акустической эмиссии (АЭ) в ходе химической реакции смеси гидрокарбоната натрия и лимонной кислоты с водой. Показано, что нанесение на поверхность воды слоя мыльной пены существенно снижает активность АЭ, поскольку изменяет условия образования и схлопывания пузырьков газа — источника АЭ.

24.03-01.432 Комплексный анализ механического поведения и процессов разрушения образцов пространственно-армированного углепластика в испытаниях на растяжение. *Третьякова Т.В., Душко А.Н., Струнгарь Е.М., Зубова Е.М., Лобанов Д.С.* Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2019, № 1, с. 175-185. Рус.

Работа посвящена развитию методологии проведения экспериментальных исследований закономерностей неупругого поведения и разрушения пространственно-армированного композиционного материала с учетом влияния схем переплетения на основе совместного использования оптических методов анализа полей деформаций и температуры, а также метода регистрации сигналов акустической эмиссии. Реализована серия механических испытаний на одноосное растяжение 6 групп образцов полосок, преформы которых изготовлены с помощью технологии 3D-тканства шестью различными способами переплетения. Отмечено, что образцы углепластика с ортогональной

и ортогонально-комбинированной схемой переплетения отличаются высокими значениями предельной нагрузки по сравнению с образцами с межслойным армированием и слоистыми образцами. Проиллюстрирован подбор оптимальных параметров (величины подобласти и шага) корреляционной обработки цифровых изображений при исследовании образцов композиционного материала с учетом структурных особенностей материала. Проведен анализ изменения кумулятивной энергии сигналов акустической эмиссии (АЭ), получаемой путем суммирования значений энергетического параметра и отражающей интенсивности накопления дефектов в материале в процессе нагружения. Обнаружено, что образцы с ортогональной, ортогонально-комбинированной схемой переплетения, а также с попарно межслойным армированием характеризуются низкой скоростью накопления повреждений в материале, процесс инициирования и распространения дефектов протекает равномерно. Образцы с попарно межслойным комбинированным армированием, со сквозным межслойным армированием и слоистые образцы отличаются интенсивностью формирования трещин в материале в процессе нагружения. Получены результаты качественного и количественного сравнения некоторых параметров (предельная нагрузка, предельное удлинение образцов, интенсивность локального разогрева материала в момент макроразрушения, максимальная величина кумулятивной энергии, достигнутая в момент разрушения, число зарегистрированных выбросов сигнала АЭ), полученных для групп образцов с различной схемой переплетения. Показано, что проведение многопараметрического анализа при экспериментальном изучении позволяет осуществлять подбор оптимальных свойств композиционного материала при его разработке в соответствии с требуемыми условиями эксплуатации.

24.03-01.433 Развитие метода микроволновой диагностики для измерения скорости свободной поверхности в плосковолновом эксперименте. *Баландин В.В., Баландин Вл.Вл., Землянуга П.М., Игумнов Л.А., Минеев К.В., Паржачёв В.В., Розенталь Р.М. Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 10, с. 870-881. Рус.*

Описаны принципы работы радиointерферометра, используемого для регистрации перемещения и определения скорости свободной поверхности образца в плосковолновом эксперименте. Проведено экспериментальное сравнение нескольких схем измерения. Для некоторых из них выявлено хорошее согласование результатов с данными независимых измерений, демонстрирующее возможность измерения скорости свободной поверхности с временным разрешением порядка 0,1 мкс с погрешностью порядка 10 м/с.

24.03-01.434 Измерительный контроль и диагностика валопроводов турбоагрегатов по крутильным колебаниям. *Назолин А.Л., Куменко А.И., Поляков В.И. Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 10, с. 882-902. Рус.*

Рассмотрены проблемы создания систем измерительного контроля и диагностирования технического состояния валопроводов турбоагрегатов атомных и тепловых электростанций по крутильным колебаниям. Сформулированы требования к штатным системам диагностического мониторинга крутильных колебаний. Проведён анализ измерительных схем и методик измерений крутильных колебаний роторных машин методом временных интервалов; показаны их достоинства и недостатки. Описаны причины, вызывающие ошибки измерений крутильных колебаний. Разработан способ измерений крутильных колебаний роторных машин методом временных интервалов, который может служить арбитражной методикой, т.к. учитывает влияние наибольшего числа паразитных факторов и обеспечивает наиболее точное измерение крутильной вибрации. Рассмотрены причины возбуждения крутильных вибраций валопроводов турбоагрегатов и способы их идентификации, пути решения проблемы оценки напряжённо-деформированного состояния валопровода в динамике и раннего диагностирования дефектов его целостности в процессе эксплуатации.

24.03-01.435 Экспериментальное исследование статистических характеристик высокочастотных вибраций низа бурильной колонны. *Бахтин В.К., Дерябин М.С., Касьянов Д.А., Манаков С.А., Шакуров Д.Р. Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 10, с. 903-*

916. Рус.

Представлены результаты прямого измерения вибраций конструкций низа бурильной колонны в процессе бурения. Особое внимание при измерениях уделено высокочастотной части спектра вибраций. Регистрация вибраций велась с помощью специально изготовленного для этих целей скважинного регистратора шумов со встроенными трёхкомпонентным акселерометром и датчиками температуры и внешнего давления. Этот регистратор был адаптирован для встраивания непосредственно в бурильную колонну в области забойной компоновки. Вибрационные сигналы регистрировались в полосе частот до 25 кГц. Натурные измерения выполнялись для всех возможных скважинных операций, проводимых как при направленном (горизонтальном), так и при вертикальном бурении. В работе представлены функции распределения и спектральные характеристики вибрационного шума для различных операций и условий бурения.

24.03-01.436 Влияние циклического деформирования на упругие и акустические характеристики хромоникелевых сталей. *Клюшников В.А., Гончар А.В., Мишакин В.В., Курашкин К.В. Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 10, с. 917-926. Рус.*

Рассмотрено влияние температуры, при которой происходит циклическое деформирование, на упругие свойства хромоникелевых аустенитных сталей с разными склонностями к деформационному мартенситному превращению. Выявлены закономерности изменений акустических и упругих параметров в зависимости от температуры нагружения и химического состава сталей.

24.03-01.437 Зеркально-теневой метод ультразвукового контроля осей железнодорожных колесных пар с использованием электромагнитно-акустического способа излучения-приема волн. *Платунов А.В., Муравьев В.В., Муравьева О.В., Никитина П.А. Дефектоскопия. 2023, № 12, с. 3-11. Рус.*

При ультразвуковом контроле осей колесных пар железнодорожного подвижного состава зеркально-теневым методом на амплитуду принятых сигналов оказывает значительное влияние качество контакта пьезопреобразователя с цилиндрической поверхностью объекта в отличие от контроля объектов с плоскими поверхностями. Основные причины, влияющие на результаты: состояние поверхности ввода, ее кривизна, а также сила прижатия пьезопреобразователя. При использовании электромагнитно-акустических преобразователей требования к качеству поверхности значительно ниже, что позволяет снизить вероятность ошибки, связанной с качеством контакта на цилиндрической поверхности при приемочном ультразвуковом контроле зеркально-теневым методом осей колесных пар железнодорожного подвижного состава после изготовления и ремонта.

24.03-01.438 Влияние предварительных ударных воздействий на механические свойства конструкционного углепластика при межслоевом сдвиге. *Чеботарева Е.А., Лунегова Е.М., Лобанов Д.С., Мельникова В.А. Деформация и разрушение материалов. 2024, № 5, с. 31-39. Рус.*

Влияние ударных воздействий на механическое поведение углепластика исследовано методом испытания короткой балки на межслоевой сдвиг с одновременной регистрацией сигналов акустической эмиссии. Исследованы также поля перемещений и деформаций, полученные методом корреляции цифровых изображений. Установлено влияние энергии предварительного удара на смену механизмов повреждения, отмечены локализации деформаций в материале. Ключевые слова: межслоевой сдвиг, акустическая эмиссия, корреляция цифровых изображений, энергия удара, углепластик.

24.03-01.439 О возможности оценки радиуса цилиндрического отражателя по времени запаздывания импульса волны обегания по отношению к зеркально отраженному импульсу поперечной волны при ультразвуковом контроле металла наклонным преобразователем. *Данилов В.Н. Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 3, с. 14-22. Рус.*

Моделирование электроакустического тракта наклонного преобразователя для отражателя типа бокового цилиндрического отверстия позволило провести расчеты форм импульса обегания, создаваемого излучением поверхностной рэлеевской волны, распространяющейся вдоль вогнутой цилиндрической полости, и импульса волны при отражении в приближении геометрической акустики (зеркального) для различных радиусов отверстия и получить значения оценок отношения амплитуд этих импульсов и различия времени их регистрации. Сравнение экспериментальных результатов с полученными расчетным путем для отверстий радиусами 2 и 3 мм показало их вполне хорошее качественное и удовлетворительное количественное совпадение. Проведена оценка радиуса цилиндрического отверстия по экспериментальному времени запаздывания импульса обегания и скорости рэлеевской волны для плоской поверхности с использованием простого соотношения; указан диапазон отношения диаметра отверстия к длине поперечной волны в среде, в котором проведение такой оценки целесообразно, и приведен пример значений времени запаздывания в этом диапазоне.

24.03-01.440 Имитационное моделирование измерительных каналов ультразвуковой системы измерения воздушных параметров движения летательного аппарата. Мифтахов Б.И. *Вестник Казанского гос. технич. ун-та им. А. Н. Туполева*. 2024. 80, № 1, с. 17. Рус.

Рассматриваются особенности построения и объекты применения. Обоснован выбор программных средств, разработаны модели, проведено имитационное моделирование, определены основные погрешности каналов восприятия статического давления истинной воздушной скорости и угла скольжения ультразвуковой системы измерения. Ключевые слова: летательный аппарат, движение, воздушные параметры, измерение, ультразвуковая система, каналы, имитационное моделирование, погрешности, анализ.

См. также **24.03-01.69**, **24.03-01.113**, **24.03-01.143**, **24.03-01.212**, **24.03-01.260**, **24.03-01.261**, **24.03-01.264**, **24.03-01.277**, **24.03-01.289**, **24.03-01.310**, **24.03-01.318**, **24.03-01.331**, **24.03-01.347**, **24.03-01.348**, **24.03-01.349**, **24.03-01.360**, **24.03-01.361**, **24.03-01.365**, **24.03-01.413**

Медицинский ультразвук, медицинские приборы

См. **24.03-01.153**

Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

24.03-01.441 Исследование метрологических характеристик вибрационного преобразователя плотности с пьезоэлектрическим возбуждением и измерением параметров колебаний. Зацерклянский О.В. *Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20–23 сентября 2021 г.* Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021, с. 90-94. Рус.

24.03-01.442 Пьезокерамические материалы для ультразвуковых методов неразрушающего контроля. Коловоротный В.В., Нагаенко А.В., Гиригосова Н.А. *Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20–23 сентября 2021 г.* Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021, с. 113-117. Рус.

24.03-01.443 Определение количественных параметров и координат дефекта сигнала акустико-эмиссионного контроля цилиндрических резервуаров. Кузнецов А.А., Кулаковская В.П. *Омский научный вестник*. 2024, № 1, с. 5-11. Рус.

Приведены данные исследования сигналов акустической эмиссии при контроле дефектов поверхности герметичных резервуаров. В ходе проведенных исследований с изменением дав-

ления получены данные по изменению параметров сигналов, фиксируемых цифровой акустико-эмиссионной системой контроля СЦАД-16. На основании полученных результатов предложена методика для определения координат дефектов резервуаров с использованием цилиндрической системы координат. Предложенный в статье подход позволяет снизить погрешность определения координат дефектов по сравнению с выражениями в случае прямолинейного распространения волн на плоской поверхности.

24.03-01.444 Лазерно-акустический метод обнаружения дефектов в металлах. Войнаш С.А., Фадеев Д.А., Загидуллин Р.Р., Ворначева И.В., Соколова В.А. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2023, № 12, с. 141-143. Рус.

Среди наиболее информативных методов неразрушающего контроля следует выделить акустические методы. Настоящая статья представляет собой детальное описание процесса разработки лазерно-акустического способа измерения поверхностных и сквозных дефектов, таких как трещины, в металлических изделиях, а также для выявления нарушений металлических пленок и других неферромагнитных материалов.

24.03-01.445 Исследование возможности оценки состояния стальных образцов с применением динамических спектрограмм акустических сигналов. Губин В.В., Анисеев Н.А., Дьяченко Д.И. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. 2018, № 3, с. 147-151. Рус.

Изучены возможности оценки изменений свойств подшипниковой стали в процессе термообработки с применением визуализации с помощью динамических спектрограмм (сонограмм), которые отображают изменения спектральных характеристик акустических сигналов по временной координате. В качестве образцов были взяты кольца упорных подшипников из стали марки ШХ15, новые и бывшие в эксплуатации. Проведено исследование изменения спектральных характеристик стальных образцов по акустическому отклику на точечное ударное воздействие в зависимости от изменений прочностных свойств и микроструктуры, генерируемых в образцах посредством отпуска с выдержкой при температурах в диапазоне от 360 до 560°C. Анализ и сравнение сигналов акустического отклика выполнялись с применением программного спектроанализатора. Показана информативность применяемой методики для определения изменений состояния стальных образцов после термообработки. Анализ динамических спектрограмм путем визуального сопоставления участков сонограмм при различных значениях размера окна Хеннинга позволил выявить наиболее индикативные спектральные признаки — сдвиг частот резонансных гармоник и изменение декремента затухания. Обнаружена четкая зависимость сдвига частот и изменения декремента затухания основных резонансных гармоник от температуры отпуска закаленных образцов из стали марки ШХ15. При повторной закалке отпущенных образцов наблюдаются обратные изменения частот резонансных гармоник и декремента затухания. Изменения указанных индикативных спектральных характеристик соответствуют изменениям твердости и микроструктуры стали. Данная методика может быть использована при разработке экспресс-методов неразрушающего контроля для оценки изменений состояния стальных конструктивных элементов и контроля качества термообработки.

24.03-01.446 Идентификация трещиноподобного дефекта и исследование концентрации напряжений в полосе с покрытием. Соболев Б.В., Соловьев А.Н., Рашидова Е.В., Васильев П.В. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. 2019, № 4, с. 165-174. Рус.

Первый раздел статьи посвящен локации дефектов в полосе с покрытием и идентификации их геометрических параметров. С применением методов конечноэлементного моделирования, ультразвукового неразрушающего контроля и технологий машинного обучения (искусственных нейронных сетей) решена обратная задача механики. Построена конечно-элементная модель распространения ультразвуковой волны в полосе с покрытием и внутренним дефектом. По сравнению с предыдущими работами

в модели применены слои PML (Perfectly Matched Layer), или идеально согласованные слои, которые подавляют множественные отражения зондирующего ультразвукового импульса внутри полосы и предотвращают зашумление сигнала. На основе проведенных численных расчетов конечно-элементной модели построен набор данных, содержащий геометрические параметры дефекта и соответствующую им амплитудно-временную характеристику ультразвукового сигнала. Разработана архитектура искусственной нейронной сети прямого распространения. Проведено обучение нейронной сети на основе предварительно обработанных данных. В результате на основе ультразвуковых данных, полученных с внешней поверхности полосы, возможно восстановить значения таких параметров дефекта, как глубина залегания, длина и толщина. Во втором разделе статьи описана аналитико-численная технология исследования коэффициента интенсивности напряжений (КИН) в вершине трещины на примере задачи о продольной внутренней трещине конечной длины, расположенной в упругой полосе, усиленной тонким гибким покрытием. Решение этой задачи основано на методе интегральных преобразований, который позволил свести ее к сингулярному интегральному уравнению I рода с ядром Коши, которое решается методом коллокаций в виде разложения по полиномам Чебышева с множителем, явно учитывающим особенность в окрестности вершины трещины. Последнее позволяет непосредственно найти КИН и оценить влияние на него различных комбинаций геометрических и физических параметров задачи.

24.03-01.447 Влияние предварительного температурного старения на остаточную межслоевую прочность и стабильность накопления повреждений в конструкционном углепластике. Лобанов Д.С., Луцегова Е.М., Мугатаров А.И. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика.* 2021, № 1, с. 41-51. Рус.

Старение композитов является повсеместной проблемой, которая приводит к ухудшению механических свойств, сокращению проектного срока службы конструкции и потенциальному преждевременному аварийному разрушению. Работа посвящена экспериментальному исследованию влияния предварительного температурного старения на остаточные механические свойства образцов конструкционного углепластика. Для этого была применена методика совместного использования испытательных систем и системы для регистрации и анализа сигналов акустической эмиссии. Проведены серии квазистатических испытаний образцов углепластика на межслоевой сдвиг по методу короткой балки до и после предварительных температурных воздействий при различных режимах. Испытания проводились на универсальных электромеханических системах Instron 5882 и Instron 5965 в соответствии с рекомендациями ASTM D2344. В процессе нагружения образцов производилась непрерывная регистрация сигналов акустической эмиссии при помощи системы AMSY-6. Применялся пьезоэлектрический преобразователь с частотным диапазоном 300–800 кГц. При проведении испытаний была осуществлена синхронизация испытательной и диагностической системы. В ходе работы были определены значения прочности при межслоевом сдвиге для образцов слоистого углепластика. Проиллюстрированы характерные виды разрушения образцов. При анализе изменения механических свойств углепластика от повышения температуры установлены критические значения температур, при которых происходит резкий спад прочностных и упругих характеристик материалов, обусловленный активной деструкцией связующего. Построены и проанализированы графики зависимости энергетического параметра и частотных характеристик сигналов акустической эмиссии от времени. Проведена оценка процессов накопления повреждений в композитах, показана смена механизмов накопления повреждений. Полученные результаты иллюстрируют влияние повышенных температур и продолжительности их воздействия на механическое поведение образцов конструкционного углепластика при статических испытаниях на межслоевой сдвиг.

24.03-01.448 Современная практика использования методов неразрушающего контроля в производстве шин. Шинкевич А.И., Малышева Т.В., Сафаргали-

ев М.Ф. Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 1, с. 56-63. Рус.

Повышение конкурентоспособности российских шин требует совершенствования организации системы контроля качества на производстве. Представлен анализ современного состояния применения методов контроля качества в производстве шин. Распространенным способом диагностики шин в российской промышленности является выборочный контроль путем дорожных испытаний и стендовых тестов, приводящий к разрушению изделия. В то же время в мировой шинной промышленности широко используется неразрушающий контроль (НК). На испытательных стендах проверяется конструктивная прочность шин, однородность материала, жесткостные и геометрические характеристики шин, что является следствием дефектов, которые можно диагностировать «неинвазивным» способом, т.е. методами неразрушающего контроля. Для диагностики сплошности и получения физико-механических характеристик резины и корда наиболее оптимальны визуально-оптический, вихретоковый, ультразвуковой и радиационный методы НК. Сплошной дефектоскопический контроль шин позволяет с наименьшими затратами проводить диагностику скрытых дефектов и своевременно совершенствовать технологический процесс. Интерферометрический метод НК можно рассматривать как интеллектуальную предиктивную диагностику скрытых дефектов, пузырей, расслоения, посторонних включений в шинах с нанометровой точностью. Патенты и практические разработки российских изобретателей в области интерферометрии свидетельствуют о высоком потенциале массового производства отечественных дефектоскопов для использования на шинных заводах.

24.03-01.449 Контроль образцов из дюралюминия Д16Т при статическом нагружении с использованием метода акустической эмиссии. Степанова Л.Н., Кабанов С.И., Рамазанов И.С., Чернова В.В. *Контроль. Диагностика.* 2024. 27, № 2, с. 4-14. Рус.

Проведены испытания образцов из дюралюминия Д16Т при статическом нагружении до разрушения в нормальных условиях при положительных и отрицательных значениях температуры. Регистрация информации осуществлялась с помощью метода акустической эмиссии. При использовании данного метода наблюдалась устойчивая локация сигналов от дефектов, соответствующих началу разрушения образцов. Показано, что при низкой температуре -50°C количество регистрируемых сигналов увеличивалось, но энергия высокочастотной составляющей сигналов АЭ уменьшалась, а максимальная энергия находилась в полосе частот 550–600 кГц. При температуре $+80^{\circ}\text{C}$ количество регистрируемых сигналов уменьшалось. Выполнялось построение вейвлет-скалограмм при различных температурах и нагрузках. Проведен анализ чувствительности основных информативных параметров сигналов акустической эмиссии, позволивших определять начало разрушения материала образцов.

24.03-01.450 Рассеяние ультразвуковых волн на дефектах сварных швов и основного материала. развитие аналитических и прикладных решений. Могильнер Л.Ю., Крысько Н.В. *Контроль. Диагностика.* 2024. 27, № 3, с. 4-13. Рус.

Для выявления дефектов металлоконструкций резервуаров вертикальных стальных при диагностировании, помимо ВИК, чаще всего применяют ультразвуковые методы: толщинометрию и дефектоскопию металла, дефектоскопию сварных швов. Современный уровень техники позволяет механизировать и/или автоматизировать применение этих методов, в том числе выполнять регистрацию выявленных дефектов в привязке к контролируемому изделию. Однако эти методы имеют ряд недостатков, осложняющих их применение. Например, для условий механизированного сканирования до сих пор не разработаны надежные методы выявления поперечных трещин при наличии валиков усиления. Также при ультразвуковом контроле значительно хуже плоскостных дефектов выявляются свищи коррозионного происхождения, в том числе сквозные, которые могут привести к локальным местным выходам продукта на внешнюю поверхность стенки резервуара. Между тем дефекты таких типов наиболее опасны среди тех, которые возникают при длительной эксплуатации резервуаров. Их выявление при диагностировании необходимо. Кроме того, точность оценки

размеров дефектов других типов при механизированном и/или автоматизированном ультразвуковом контроле обычно ниже, чем при классическом ручном. На основании анализа литературных данных и собственных теоретических исследований предложены рекомендации, выполнение которых позволяет повысить выявляемость поперечных трещин в сварных швах при сохранении достаточно высокой выявляемости плоскостных дефектов, ориентированных вдоль оси швов как на линейных участках, так и в зонах перекрестий стыковых швов. Указано, что для обеспечения лучших условий для выявления вертикальных свищей целесообразно выполнять настройку параметров ультразвукового контроля по вертикальным сверлениям. При этом одновременно имеется возможность упростить требования к точности позиционирования преобразователей при механизированном сканировании.

См. также 24.03-01.56, 24.03-01.113, 24.03-01.227, 24.03-01.228, 24.03-01.229, 24.03-01.230, 24.03-01.236, 24.03-01.237, 24.03-01.238, 24.03-01.239, 24.03-01.240, 24.03-01.345, 24.03-01.347, 24.03-01.348, 24.03-01.420, 24.03-01.423, 24.03-01.432, 24.03-01.434, 24.03-01.435, 24.03-01.436, 24.03-01.437, 24.03-01.438, 24.03-01.439

Акустические методы обработки материалов и изделий

24.03-01.451 Результаты исследования воздействия волновых явлений, возникающих при подаче топлива в камеру сгорания дизеля, на последующее впрыскивание. *Дунин А.Ю., Душкин П.В., Бабич А.В., Либкинд И.И., Калинин С.М.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 62-65. Рус.

См. также 24.03-01.91, 24.03-01.223

Акустические технологии в промышленности

24.03-01.452 Устройство автоматического оповещения об окончании работы бытовых электроприборов. *Росляков А.В., Лазурченко Н.С., Стерликов А.Д., Чемнаков А.С.* XXV Международная научно-техническая конференция «проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТыТТ-2023. Том 1. Казань, 22–24 ноября 2023 г. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2023, с. 201-202. Рус.

Предлагаемое техническое решение относится к области «умных» устройств в Интернете вещей. В квартире или в офисе имеется множество бытовых электроприборов, которые извещают пользователя об окончании своей работы с помощью специальных звуковых сигналов. Однако пользователь может пропустить этот сигнал, что может привести к различным неприятным последствиям. Такие электроприборы не имеют каналов связи с внешним миром и поэтому не могут дистанционно контролироваться и управляться пользователем. Замена их на выпускаемые промышленностью «умные» бытовые электроприборы требует больших финансовых затрат, они сложны в эксплуатации и обслуживании. Предлагается решить задачу реализации «умного дома» или «умного офиса» с помощью превращения обычных бытовых электроприборов в «умные» на базе автономной беспроводной приставки. Приставка реализована на базе универсальной платформы, описанной в работе: Росляков, А.В. Универсальная «умная» приставка к бытовой технике // Инфокоммуникационные технологии. — 2022. — Т. 20. — № 3. — С. 72-78. Вначале производится анализ спектра поступившего звукового сигнала с использованием преобразования Хартли, в результате которого будет записан массив данных, содержащий дискретные значения частот исходного звукового сигнала и значение амплитуд сигнала на этих частотах. В режиме контроля производится сравнение спектров поступивших и записанного сигналов. При совпадении спектров приставка через сеть WiFi, Интернет и мобильное приложение передает оповещение пользователю. Предлагаемое решение позволяет просто и экономично реализовать автоматическое дистанционное уведомление пользователей об окончании работы любых бытовых

электроприборов и превратить их в «умные».

24.03-01.453 Использование направленного микрофона на квадрокоптере для записи и распознавания звуков. *Еделев В., Аюпов Т.А., Файзуллин Р.Р.* XXV Международная научно-техническая конференция «проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТыТТ-2023. Том 1. Казань, 22–24 ноября 2023 г. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2023, с. 505-506. Рус.

Данная работа фокусируется на разработке и исследовании методов записи и распознавания звуков с помощью квадрокоптера, оборудованных направленными микрофонами. Квадрокоптеры — уникальная платформа для сбора данных, благодаря мобильности и способности летать в требуемых точках. Рассматриваются конструктивные особенности квадрокоптера, которые делают его удобным для мобильных аудиозаписей. Описывается процесс установки направленных микрофонов на квадрокоптере. Это включает в себя выбор типа микрофона, размещение его на платформе, а также методы акустической изоляции для уменьшения внешних шумов. Рассматриваются методы оптимизации акустической съемки, включая управление направлением микрофона в реальном времени и компенсацию аэродинамических шумов. Эти технические аспекты позволяют получить более чистые и точные аудиозаписи. С использованием записей с квадрокоптера исследуются методы распознавания и классификации звуковых событий, учитываются уникальные технические особенности, такие как изменение высоты и скорости полета квадрокоптера, которые могут повлиять на процесс распознавания. Обсуждаются разнообразные практические приложения данной технологии, включая мониторинг звуковых событий в городской среде, обнаружение чрезвычайных ситуаций и экологических исследований. Особенно подчеркивается мобильность и эффективность квадрокоптеров в этом контексте. В заключение рассматриваются будущие направления исследований — оптимизация алгоритмов распознавания, адаптация к различным условиям полета и разработка автоматизированных систем для обработки аудиоданных, полученных с квадрокоптеров с направленными микрофонами. Эти тезисы предоставляют комплексное представление о конструктивных особенностях системы, объединяющей квадрокоптер и направленный микрофон, и позволяют более глубоко понять технические аспекты и потенциал данной технологии для научных и практических целей.

24.03-01.454 Сверточная нейросетевая модель акустического обнаружения аварийно-спасательных машин. *Матвеева К.А., Минчиганов Р.Н., Катасёв А.С.* Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского технологического университета — 1998–2015). 2024. 27, № 4, с. 76-80. Рус.

24.03-01.455 Актуальные теплофизические исследования в целях совершенствования судовых ядерных энергетических установок. *Митрофанова О.В., Ивлев О.А.* Морские интеллектуальные технологии. 2023, № 4-1, с. 85-94. Рус.

Рассмотрены физические факторы и условия, приводящие к формированию устойчивых вихревых структур во внутренних турбулентных закрученных течениях, имеющих место в сложных каналах судовых ядерных энергетических установок. Целью проводимых исследований является научное обоснование способов повышения теплогидравлической эффективности и надежности работы судовых ядерных энергетических установок нового поколения, обеспечивающих повышенный ресурс безопасной эксплуатации ЯЭУ в течение срока, приближенного к сроку службы судна. Привлечение анализа термодинамической устойчивости для описания закрученных потоков дало возможность объяснить механизм генерации крупномасштабных вихреобразований и определить критические условия возникновения детерминированной вихревой структуры турбулентных течений в каналах сложной геометрии. Представлены результаты расчетно-теоретического моделирования процессов вихреобразования при течении высокоскоростных потоков в каналах переменного сечения, являющихся элементами коллекторных и трубопроводных систем судовых ЯЭУ. Проявление кризиса закрученного потока рассмотрено на примерах моделирования процессов гидродинамики и теплообмена

в каналах парогенераторов и системы компенсации давления судовых ЯЭУ. Показано, что генерация устойчивых вихреобразований в элементах оборудования ЯЭУ интегрального типа может быть непосредственно связана с механизмом возбуждения опасных виброрезонансных эффектов. Предложен способ интенсификации теплообмена в парогенерирующих каналах за счет применения витых труб овального профиля. Полученные результаты вычислительных экспериментов показали, что реализация режима, соответствующего кризису закрученного течения, приводит не только к резкому повышению гидравлических потерь, что снижает теплогидравлическую эффективность работы установки, но и к генерации акустических колебаний, что может быть связано с появлением опасных резонансных эффектов, ведущих к развитию прочностных дефектов и аварийным ситуациям. Ключевые слова: судовые ядерные энергетические установки, гидродинамика, теплообмен, моделирование, вычислительные эксперименты, оптимизация, коллектор, трубные системы, парогенератор.

24.03-01.456 Распространение нормальных акустических волн в валах центробежных насосов с продольными трещинами осевых отверстий. Муравьева О.В., Шижарев П.А., Мурашов С.А. *Контроль. Диагностика.* 2024. 27, № 1, с. 14-29. Рус.

В процессе производства и эксплуатации валов центробежных насосов в их внутреннем диаметре возможно появление дефектов, которыми в подавляющем большинстве случаев являются продольные трещины. Такие дефекты влекут за собой полное разрушение силового агрегата центробежного насоса, задержку производства и большие экономические затраты, при этом

их выявление магнитным, вихретоковым, капиллярным видами контроля зачастую исключено либо ограничено в силу малого внутреннего диаметра вала. Работа посвящена разработке новой методики, предназначенной для выявления дефектов осевых отверстий валов центробежных насосов с помощью совместного использования двух типов нормальных акустических волн — крутильной и стержневой. Методика построена на использовании эхоимпульсного и временного зеркально-теневых методов акустического неразрушающего контроля. В ходе работы проведены исследования по волноводному контролю трех групп валов, разбитых по критериям применяемых в работе методов, а также компьютерное моделирование, подтверждающее достоверность приведенных в работе результатов контроля. Предложено использовать новый информативный параметр — скорость крутильной волны дефектной части контролируемого образца. Результаты экспериментов и компьютерного моделирования методом конечных элементов показали высокую эффективность исследуемого метода и нелинейный характер зависимости распространения нормальных волн в валах относительно количества и размеров трещин осевых отверстий.

См. также **24.03-01.223, 24.03-01.351, 24.03-01.352, 24.03-01.353, 24.03-01.354, 24.03-01.355, 24.03-01.356, 24.03-01.357, 24.03-01.358, 24.03-01.359, 24.03-01.360, 24.03-01.361, 24.03-01.362, 24.03-01.363, 24.03-01.364, 24.03-01.365, 24.03-01.366, 24.03-01.424, 24.03-01.425**

Акустическая метрология и калибровка

См. **24.03-01.212, 24.03-01.441**

Акустика в медицинской практике

Ультразвук в медицинской диагностике. Сонография (УЗИ)

24.03-01.457 Терапевтический HIFU преобразователь. Панич А.А., Скрыльев А.В., Гореленко К.А., Мамыкин А.Ю., Байдаров Р.А., Немцыкин В.В. *Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20–23 сентября 2021 г.* Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021, с. 79-89. Рус.

Настоящее исследование выполнено на стыке двух направлений: инженерно-технологического и биомедицинского, в результате которого разработан терапевтический фокусирующий ультразвуковой преобразователь, предназначенный для выявления и неинвазивного лечения новообразований. Принцип действия заключается в излучении ультразвуковых колебаний высокой интенсивности в пятно фокуса (High Intensity Focused Ultrasound — HIFU). Это позволяет точно воздействовать на выбранные области и проводить абляцию воспалённых, либо чужеродных тканей без открытого хирургического вмешательства. На основе характеристик пьезокерамических материалов, выпускаемых в НКТБ «Пьезоприбор» выполнено математическое моделирование HIFU-преобразователя. Основу составляет пьезокерамический элемент, выполненный в форме тонкостенного сегмента сферы с центральным отверстием, изготовленный из пьезоматериала ПКП-35. Центральное отверстие диаметром 41,4 мм предназначено для датчика визуализации, выполняющего роль «наводчика» сфокусированного ультразвукового пучка. Принцип работы преобразователя заключается в следующем: фокусное пятно с максимальным акустическим давлением находится в области, захватываемой УЗИ-совместимым датчиком. Изображение передаётся на монитор, после чего принимается решение на какие области и с какой интенсивностью воздействовать ультразвуковым преобразователем. Изучены амплитудно-частотные характеристики преобразователя. Получены зависимости активной проводимости от частоты в свободном и нагруженном на воду состояниях. Изме-

нены уровни акустического давления в пятне фокуса. Построены диаграммы распределения интенсивности излучения в плоскости и в трехмерном пространстве, проведены работы по воздействию ультразвукового преобразователя на различные органические материалы и ткани: органическое стекло толщиной 10 мм, мышечная ткань курицы. Получены зависимости силы воздействия от подводимой к преобразователю мощности, а также частоты задающего сигнала. Экспериментально показана возможность использования преобразователя в составе комплекса HIFU-терапии. Сформулированы выводы о перспективах использования одноэлементных фокусирующих ультразвуковых преобразователей и многоэлементных с распределённым пятном фокуса.

24.03-01.458 Роль ультразвуковой диагностики в оценке сосудистых осложнений у реципиентов с почечным трансплантатом (обзор литературы). Баказова Н.К., Калиев Р.Р., Жумагазиев Т.С. *Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана.* 2023, № 6, с. 158-161. Рус.

Рассматриваются возможности ультразвуковой доплерографии почечных сосудов, ранней диагностики нарушений внутрипочечной гемодинамики у реципиентов в посттрансплантационном периоде. Описаны результаты зарубежных и отечественных научных исследований с использованием современных показателей доплерографии для оценки сосудистой сети ренального трансплантата. Результаты литературного обзора описывают высокую диагностическую значимость индексов сопротивления и скоростные показатели для оценки сосудистых осложнений в различном периоде почечных трансплантатов. Индексы сопротивления и скоростные показатели имели высокую корреляционную связь с биомаркерами дисфункции почек у больных с почечным трансплантатом. Динамический контроль состояния почечных артерий трансплантатов по данным доплерографии способствует своевременному проведению превентивной нефропротективной терапии во избежание сосудистых осложнений и улучшение прогноза болезни в целом.

См. также **24.03-01.390**

Ультразвук в хирургии и терапии

24.03-01.459 Комбинированное действие ультразвука и тритиевой воды на инактивацию щелочной фосфатазы. *Николаев А.Л., Саранцев А.В., Михайлов Г.С., Гопин А.В., Дежжунов Н.В.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 770-775. Рус.

Целью работы является анализ динамики инактивации фермента щелочная фосфатаза, выбранного в качестве модельного биообъекта, в условиях комбинированного воздействий ультразвука и β -излучения трития, находящегося в форме тритиевой воды. Установлено, что в тритиевой воде, в отличие от противной, фермент, после обработки ультразвуком терапевтической интенсивности, сохраняет активность в течение длительного времени. Предложен вариант объяснения наблюдаемого эффекта. Дана оценка роли эффекта в терапевтических схемах комбинированного действия ультразвука и ионизирующего излучения в терапии злокачественных опухолей.

24.03-01.460 Эффективность объёмной ликвидации биоткани мощным импульсным ультразвуком при различных траекториях перемещения фокуса. *Хохлова В.А., Пономарчук Е.М., Сонг М., Тома Ж., Хохлова Т.Д.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 777-782. Рус.

Исследовано влияние траектории движения фокуса пучка фазированной решетки на эффективность получения объёмных разрушений в биоткани методом гистотрипсии с кипением на примере ткани говяжьего сердца *ex vivo*. Облучение ткани проводилось с помощью электронного перемещения фокуса 256-элементной решетки с рабочей частотой 1.5 МГц. Каждый узел трехмерной сетки $4 \times 12 \times 12$ мм облучался $N_{\text{имп}}=3-10$ импульсами длительностью 10 мс с коэффициентом заполнения 1% и амплитудой ударного фронта, достаточной для генерации кипения *in situ* в течение не более 50% от длительности импульса. Рассматривались три траектории облучения целевого объема ткани, состоящего из пяти плоскостей, перпендикулярных оси излучателя, с различным порядком облучаемых точек в каждой плоскости для варьирования степени влияния последовательных импульсов друг на друга. Показано, что при использовании $N_{\text{имп}}=3$ импульсов на точку разнесение импульсов во времени приводит к неполному разрушению первой облучаемой плоскости в отличие от доставки сразу всех импульсов в каждую точку. При увеличении количества импульсов на точку различие в степени ликвидации между траекториями пропадает, что позволяет использовать разнесение импульсов во времени для минимизации возможного накопления тепла.

24.03-01.461 Количественный анализ восприимчивости биологических тканей к механическому разрушению импульсным высокоинтенсивным фокусированным ультразвуком. *Пономарчук Е.М., Крохмаль А.А., Кващенникова А.В., Сонг М., Тома Ж., Ванг Я.Н., Хохлова В.А., Хохлова Т.Д.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 784-789. Рус.

Количественно исследована зависимость эффективности и степени механических разрушений, получаемых в биотканях методом гистотрипсии с кипением (ГК), от параметров импульсного ультразвукового воздействия и типа биоткани на примере свиной печени и говяжьего сердца *ex vivo*. Показано, что для рассмотренных протоколов (5–15 импульсов на точку длительностью 1–10 мс) доля недоразрушенной ткани печени не зависела от параметров воздействия. При этом использование более длинных импульсов позволило разрушить мелкие структуры соединительной ткани, присутствовавшие после воздействия короткими импульсами, однако оставило недоразрушенными более крупные тканевые структуры. В ткани сердца (с меньшей долей соединительной ткани) эффективность ГК заметно увеличивалась с ростом длительности импульсов и/или их количества на точку. При этом в обоих типах ткани использование коротких импульсов позволило значительно ускорить процесс абляции. Полученные результаты указывают

на отличие величины пороговой дозы механического воздействия, необходимой для разрушения разных биотканей, однако позволяют сделать вывод, что в тканях с низким содержанием коллагена для ускорения абляции могут быть использованы короткие импульсы без потери эффективности ГК.

24.03-01.462 Различные способы создания объёмных тепловых разрушений биологической ткани при её облучении высокоинтенсивным фокусированным ультразвуком в ударно-волновых режимах. *Пестова П.А., Юлдашев П.В., Хохлова В.А., Карзова М.М.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 790-795. Рус.

Рассмотрены ударно-волновые протоколы создания тепловых объёмных разрушений биоткани при её облучении высокоинтенсивным ультразвуком с помощью 256-элементной терапевтической решетки клинической системы MRgHIFU с рабочей частотой 1.2 МГц, апертурой 128 мм, фокусным расстоянием 120 мм и диаметром элементов 6.6 мм (Sonalleve V1, Profound Medical Corp.). Моделирование тепловых источников в ткани проводилось на основе уравнения Вестерверльта, теплового поля — уравнения теплопроводности, границы разрушения определялись по пороговой величине тепловой дозы. Проведено сравнение результатов для масштабированной клинической траектории, состоящей из дискретных фокусов, расположенных на концентрических окружностях, с траекториями различной геометрии с равномерным заполнением фокусов внутри заданной формы. Показано, что наиболее выигрышным по форме разрушения и скорости тепловой абляции является ударно-волновой протокол однократного воздействия на каждый фокус равномерной траектории с шагом, превышающим в 1.5 раза размеры тепловых источников.

24.03-01.463 Влияние индивидуальных особенностей структуры черепа человека на возможности компенсации аберраций при транскраниальной фокусировке мощного ультразвука в область мозга. *Чупова Д.Д., Росницкий П.Б., Солонцов О.В., Гаврилов Л.Р., Ситницын В.Е., Мершина Е.А., Хохлова В.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 796-801. Рус.

Мощный фокусированный ультразвук используется в клинической практике для проведения транскраниальных нейрохирургических операций. При прохождении через различные ткани головы пациента ультразвуковой пучок ослабляется и сильно искажается. Степень и характер искажений (аббераций) зависят от индивидуальных особенностей формы и внутренней структуры черепа пациента. На данный момент неинвазивная ультразвуковая хирургия недоступна для ряда пациентов из-за особенностей строения черепа. Важной задачей является разработка таких протоколов облучения, которые позволят успешно проводить операции для большего числа пациентов. Целью данной работы было сравнение искажений ультразвукового пучка и возможностей компенсации аббераций для акустических моделей головы различных пациентов с использованием 256-элементного излучателя компактной формы с абсолютно плотным заполнением поверхности элементами и рабочей частотой 1 МГц. При построении акустических моделей головы человека использовались наборы послойных изображений компьютерной томографии (КТ) семи различных пациентов, дающие информацию как о геометрических, так и о структурных особенностях тканей. Моделирование фокусировки ультразвукового пучка проводилось в область таламуса с учетом компенсации аббераций и без нее. Были получены распределения амплитуды давления в области фокуса, выполнен анализ и сравнение полученных распределений, проведена оценка амплитуды давления в фокусе и влияния различных физических факторов на возможности компенсации аббераций.

24.03-01.464 Сравнение лучевого и дифракционного методов коррекции аббераций при транскраниальном облучении мозга мощным фокусированным ультразвуком. *Солонцов О.В., Росницкий П.Б., Чупова Д.Д., Гаврилов Л.Р., Ситницын В.Е., Мершина Е.А., Хохлова В.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акусти-

ческого общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 802-807. Рус.

24.03-01.465 Исследование возможностей электронного перемещения фокуса линейного ультразвукового датчика комбинированного назначения для использования в терапии и ее визуализации. *Нартов Ф.А., Уильямс Р.П., Хохлова В.А.* Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13–17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023, с. 808-813. Рус.

См. также **24.03-01.384, 24.03-01.388**

Ультразвук в лабораторных медицинских исследованиях

См. **24.03-01.384, 24.03-01.388, 24.03-01.390, 24.03-01.459, 24.03-01.461, 24.03-01.462, 24.03-01.463, 24.03-01.464, 24.03-01.465**

Акустика в инженерном деле

24.03-01.466 Об устойчивости купола всплывающего пузыря при малых числах Атвуда. *Мешков Е.Е., Мокрецов Р.В., Новикова И.А., Смагин И.Р.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 117-118. Рус.

24.03-01.467 Прецизионная визуализация индуцированного диффузией течения на наклонной поверхности. *Чуприков А.М.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 172-175. Рус.

24.03-01.468 Рентгеновская компьютерная томография акрилонитрил бутадиен стирола и полиэфирэфиркетона после лазерного ударного воздействия. *Мубасарова В.А., Пантелеев И.А., Плехов О.А., Изюмова А.Ю., Вшивков А.Н., Виндокуров И.А., Тажинов М.А.* Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2023, № 6, с. 78-90. Рус.

Представлено исследование 3D-структуры композиционных материалов полиэфирэфиркетона (РЕЕК) и акрилонитрил бутадиен стирола с добавлением короткого углеродного волокна в матрицу (ABS+CF), выполненное при помощи компьютерной томографии на микротомографе SkyScan 1272 Bruker. Исходная микроструктура образцов ABS+CF обнаруживает как наличие дискретных углеродных волокон, так и дефектов 3D-печати в виде консолидированных структур из связанных между собой волокон и сгустков уплотненной полимерной матрицы. Армирующие волокна и консолидированные структуры характеризуются плотным, равномерным субгоризонтальным расположением по всему объему образца. Результаты компьют

терной микротомографии образцов полимера РЕЕК демонстрируют характерные для данного полимера дефекты процесса его укладки, отчетливо визуализирующиеся в виде трубчатых структур уплотненного полимера с пустым пространством внутри. Анализ микроструктуры образцов после лазерного ударного упрочнения показал, что значительные изменения в обоих материалах наблюдаются только в режиме пятикратного импульсного ударного лазерного воздействия. В случае экспозиции однократным импульсом и обработки области на поверхности образцов изменения микроструктуры не происходит. В режиме испытаний без защитного поверхностного слоя происходит глубокая деградация структуры РЕЕК образцов с испарением материала до глубин 0,3 мм, при этом не происходит закрытия сформированных при печати межслойный поровых пространств. В образцах, армированных углеродным волокном, происходит существенная модификация микроструктуры вследствие расплавления волокон и образования единой консолидированной области с пористой «губчатой» структурой. Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии лазерного ударного воздействия на качество поверхности и микроструктуру исследуемых материалов при выбранных параметрах лазерного ударного воздействия. Таким образом, необходимо проведение дополнительных экспериментов с подбором оптимальных характеристик лазерного ударного воздействия и материала защитного слоя с акустическими свойствами, близкими к свойствам исследуемых материалов, для устранения возникших при печати дефектов и улучшению прочностных свойств композиционных полимерных материалов с помощью метода лазерного ударного упрочнения.

См. также **24.03-01.113, 24.03-01.174, 24.03-01.201, 24.03-01.202, 24.03-01.203, 24.03-01.209, 24.03-01.210, 24.03-01.211, 24.03-01.239, 24.03-01.306, 24.03-01.347, 24.03-01.436, 24.03-01.437, 24.03-01.455**

Физика

24.03-01.469 Энергетический анализ паровых взрывов в стратифицированных средах. *Исхаков А.Ш., Мелихов В.И., Мелихов О.И., Якуш С.Е.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 79-82. Рус.

24.03-01.470 Отрыв поверхности жидкого металла от электрода при электровихревом течении. *Михайлов Е.А., Тепляков И.О.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 121-123. Рус.

24.03-01.471 Задача об определении полного гидравлического сопротивления при течении теплоносителя в канале переменного сечения. *Низамова А.Д., Киреев В.Н., Урманчиев С.Ф.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 126-128. Рус.

24.03-01.472 Об устойчивости течения теплоносителя

в плоском канале. *Низамова А.Д., Киреев В.Н., Урманчиев С.Ф.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 128-131. Рус.

24.03-01.473 Построение инвариантных подмоделей ранга 2 уравнений гидродинамического типа с уравнением состояния специального вида. *Сираева Д.Т.* 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05–07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018, с. 141-143. Рус.

24.03-01.474 Об автоматическом распознавании УДК авторефератов на основе триграмм. *Саидзода В.С.* Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022, 65, № 11-12, с. 729-736. Рус.

На примере модельной коллекции из 10 авторефератов осуществляется настройка γ -классификатора для автоматической идентификации УДК (универсальная десятичная классификация) научной работы на основе частотности буквенных триграмм. Прогностические свойства настроенного классификатора

ра тестируются на контрольных примерах.

24.03-01.475 Энциклопедии: трудная дорога в онлайн. Горбунов-Посадов М.М. *Вестник Российской академии наук (РАН)*. 2023. 93, № 11, с. 1095-1100. Рус.

В настоящее время во всём мире основным источником энциклопедического знания стали онлайн-энциклопедии. Россия несколько отстаёт от ведущих стран в этой сфере. Русскоязычная “Википедия” долгое время развивалась более-менее вровень с соседями. Однако недавно там, к сожалению, начали появляться статьи антироссийского толка, из-за чего группе вики-редакторов пришлось дистанцироваться от “Википедии” и инициировать создание независимой от неё новой энциклопедии — “Руниверсалис”. Пока ещё скромные результаты показывает запоздало перебирающаяся в Интернет “Большая российская энциклопедия”. Автор статьи предлагает определённые решения, призванные интенсифицировать реорганизацию онлайн-энциклопедий и обеспечить дополнительный уровень комфорта для читателя. Сделан акцент на необходимости посто-

янной оперативной актуализации размещённых в сети статей и роли Российской академии наук в создании энциклопедий.

24.03-01.476 О возможных 3-гравитонных вершинах. Никитинов А.И. *Кратк. сообщ. по физ. ФИАН*. 2024. 51, № 5, с. 13-17. Рус.

В борновском приближении я сравниваю поперечные сечения рассеяния гравитона на ньютоновском центре в трех случаях, используя 1) 3-гравитонную вершину общей теории относительности, 2) 3-гравитонную вершину, в которой источником гравитона является должным образом выбранный гравитационный тензор энергии-импульса, 3) в качестве иллюстрации другой возможности выбора я использую псевдотензор Ландау и Лифшица в низшем приближении. При углах рассеяния порядка единицы все три случая приводят к различным сечениям. Таким образом в принципе можно узнать какую вершину использует Природа. Отмечено, что энергия поля в некоторых случаях может оказаться нелокализующейся.

См. также **24.03-01.466**, **24.03-01.467**, **24.03-01.468**

Астрономия

24.03-01.477 Оценка точности модели движения земного полюса с учетом лунных возмущений. Крылов С.С., Перепелкин В.В., Филиппова А.С., Вэй Ян.С. *Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021)*. Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 545. Рус.

24.03-01.478 О влиянии выбора модели полюсного прилива на оценку параметров установившегося чандлеровского колебания земного полюса. Мью Зо.А. *Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021)*. Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 547-548. Рус.

24.03-01.479 Исследование устойчивости периодических линейных колебаний спутника относительно направления большой оси эллиптической орбиты. Чуркина Т.Е. *Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021)*. Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 549-550. Рус.

24.03-01.480 Исследование устойчивости цилиндрической прецессии спутника-тора на эллиптической орбите. Чуркина Т.Е., Терехова А.Ю. *Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021)*. Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 550-551. Рус.

24.03-01.481 Кинетические Монте-Карло модели атмосферных потерь для планет. Шематович В.И. *Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС 2021)*. Алушта, 04–13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021, с. 551-553. Рус.

24.03-01.482 Методика радиолокационного картирования Луны. Павлов С.Р., Бондаренко Ю.С., Маршалов Д.А. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 67*. СПб.: ИПА. 2023, с. 3-7. Рус.

Радиолокация является одним из наиболее эффективных методов наземного дистанционного исследования Луны, который позволяет получать изображения ее поверхности с пространственным разрешением, не достижимым для наземных средств измерений на других длинах волн. Этот метод заключается в освещении Луны радиолокационным сигналом, приеме отраженного сигнала (эхо-сигнала) и анализе его характеристик. При этом разрешающая способность радиолокационной системы не зависит от земной атмосферы и расстояния до цели, а задаётся характеристиками излучаемого сигнала. Радиолока-

ционное изображение формируется в системе координат, связывающей доплеровский сдвиг по частоте с задержкой прихода эхо-сигнала, возникающих в результате движения передаточной и приемной антенных систем относительно цели. Для практического использования получаемых таким образом изображений необходимо осуществить привязку радиолокационных изображений к селенографическим координатам. В данной работе предложен численный метод преобразования временной задержки и частоты эхо-сигнала к селенографической широте и долготе. Значения широты и долготы в любой точке радиолокационного изображения вычисляются на сетке узлов интерполяции плоскостями, которые строятся по трем соседним узлам, образующим треугольники. Триангуляция сетки узлов выполняется с помощью метода Делоне таким образом, чтобы отклонение интерполируемых значений в пределах треугольников было минимальным. Методика была применена к радиолокационному изображению района кратера Тихо на длине волны 4.2 см. Полученная в результате радиолокационная карта охватывает область на поверхности Луны протяженностью $\sim 30^\circ$ по долготе и 25° по широте, что соответствует размерам 600×600 км со средним пространственным разрешением в 120 м. В работе выполнена оценка точности полученной карты и проведено ее сравнение с оптическим изображением. Радиолокационные карты высокого разрешения лунной поверхности, полученные с использованием предложенного в работе метода, могут быть полезны для изучения геологической истории Луны, разведки и добычи полезных ископаемых, выбора безопасных посадочных площадок, особенно в связи с возросшим на сегодняшний день интересом многих стран к освоению Луны.

24.03-01.483 Выявление радиоизлучения каскадных ливней космических лучей высоких энергий в многолетних непрерывных наблюдениях на радиотелескопе метровых волн БСА ФИАН. Самодуров В.А., Дагжесаманский Р.Д., Позаненко А.С., Долгушев А.В., Исачев Е.А., Орешко В.В. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 67*. СПб.: ИПА. 2023, с. 8-13. Рус.

Одной из интереснейших задач астрофизики является исследование источников и механизмов образования космических лучей высоких и сверхвысоких энергий. Предполагается, что первичные космические лучи в энергетическом диапазоне 10^{16} – 10^{19} эВ порождаются как галактическими, так и (на более высоких энергиях) внегалактическими источниками. Один из способов регистрации космических лучей высокой энергии — фиксация излучения, порождаемого ШАЛ (Широкоими Атмосферными Ливнями) от проникновения частиц космических лучей в атмосферу Земли. Максимум излучения от ШАЛ приходится на частоты от 100 до 110 МГц, на которых работает БСА ФИАН. В работе изложены методика и результаты анализа сотен тысяч импульсных сигналов с нулевой дисперсионной задержкой сразу во многих лучах диаграммы БСА для 2012—

2020 гг. Для разных зон неба проанализированы интервалы наблюдений длительностью от одного года до 8 лет. Показано, что не реже, чем раз в несколько минут мы регистрируем события, проявляющие себя во многих лучах БСА ФИАН как сильный всплеск длительностью не более 12.5 мс (это наиболее короткий временной масштаб наших данных). Анализ показал, что весьма существенная часть этих данных (до десятков процентов от всего массива), по-видимому, генерируется именно ШАЛ. Распределение числа событий, судя по первым результатам анализа, находится в анти-корреляции с уровнем фона Галактики, что может давать косвенные указания в основном на внегалактическую природу космических частиц, порождающих ШАЛ. Проведен анализ сигналов и разделение их на различные фракции («дневную» и «ночную»). Они могут быть порождены разными сортами начальных космических частиц. Например, в верхних слоях атмосферы могут заканчивать свой путь высокоэнергичные фотоны (пик статистики — днем), а в нижних — классические тяжелые космические лучи (протоны, другие ядра атомов).

24.03-01.484 Синхронизация и стабильность задержки сигналов в многофункциональной цифровой системе радиотелескопа. Гренков С.А., Федотов Л.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 67. СПб.: ИПА. 2023, с. 14-23. Рус.

При проведении радиоинтерферометрических наблюдений в сигнальном тракте радиотелескопа необходимо учитывать аппаратную задержку. Стабильность этой задержки и возможные ошибки синхронизации сигналов играют существенную роль в обеспечении точности РСДБ-измерений. Одним из основных элементов сигнального тракта радиотелескопа является система преобразования сигналов. В настоящее время все радиотелескопы комплекса «Квазар-КВО» оснащаются новыми цифровыми многофункциональными системами преобразования сигналов, которые имеют расширенную (до 2 ГГц) рабочую полосу частот входных сигналов и соответственно — высокую скорость аналого-цифрового преобразования (4 Гбит/с). Задержка и синхронизация сигналов в такой системе требуют специального исследования. В работе изучено влияние стабильности аппаратной задержки сигнала на точность радиоинтерферометрических измерений, обобщены требования к указанной стабильности. Подробно рассмотрена синхронизация сигналов в многофункциональной цифровой системе, приведены соответствующие временные диаграммы, показаны особенности и преимущества технических решений по синхронизации сигналов. Описана методика и приведены результаты экспериментальных исследований задержки и фазовой стабильности сигналов в многофункциональной цифровой системе преобразования. При этом использованы как предусмотренные в системе возможности анализа сигналов, так и внешние стандартные измерительные приборы. Исследования показали, что в отличие от использовавшихся ранее систем преобразования сигналов в новой многофункциональной системе процесс аналого-цифрового преобразования синхронизован с метками времени. Это позволяет исключить ошибки при синхронизации отсчетов входного сигнала внутри каждой секунды. Вносимая сигнальным трактом многофункциональной системы фазовая нестабильность на порядок меньше расчетной погрешности определения задержки сигнала при РСДБ-наблюдениях с использованием широкополосных каналов и практически не может влиять на результаты наблюдений. Величина задержки сигнала при его обработке в канале многофункциональной системы варьируется в широких пределах в зависимости от режима наблюдений и решаемых системой задач. Однако она остается вполне определенной и неизменной в течение сеанса наблюдений.

24.03-01.485 Опыт практического использования радиометра водяного пара в Восточно-Сибирском филиале ФГУП «ВНИИФТРИ». Вахрушева У.С., Драгайло Л.П., Чигвинцев А.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 67. СПб.: ИПА. 2023, с. 24-28. Рус.

Для решения задач прецизионной навигации и других прикладных задач (например, трансляция меток точного времени по трансатмосферному каналу связи, решение задач радиоастрономии, обработка и анализ сигналов радиолокационных средств космического базирования и пр.) погрешность изме-

рений, вызванная тропосферной задержкой, может оказаться весьма существенным негативным фактором. На территории Восточно-Сибирского филиала развернут и успешно эксплуатируется модернизированный метрологический комплекс оценки энергетических характеристик сигналов навигационных спутников, прежде всего спутников системы ГЛОНАСС. В состав указанного комплекса функционально входит радиометр водяного пара, позволяющий в том числе оценивать ослабление навигационного сигнала в тропосфере. Для получения необходимой точности работы радиометра водяного пара необходимо выполнять калибровку его высокочастотного тракта методом «вертикальных разрезов» атмосферы. В процессе эксплуатации радиометра водяного пара выяснено, что особенности его географического положения (возвышение над городом), а также близость к большим водным массам Иркутской гидроэлектростанции накладывают ограничения на азимут проведения калибровки. В процессе эксплуатации проводится непрерывное сравнение значений влажностной тропосферной задержки, измеряемой радиометром водяного пара, и значений, полученных в результате обработки глобальных ГНСС-данных. Полученные таким образом невязки позволяют проводить оперативный мониторинг состояния радиометра водяного пара и качества измерений.

24.03-01.486 Результаты анализа передачи времени через ГНСС. Богданов П.П., Феоктистов А.Ю. Труды Института прикладной астрономии РАН № 67. СПб.: ИПА. 2023, с. 29-34. Рус.

Рассмотрены принципы формирования системных шкал времени глобальных навигационных спутниковых систем GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou и региональных навигационных спутниковых систем QZSS, NavIC, а также передачи системных шкал времени и шкалы координированного времени UTC потребителям, представлены результаты анализа передачи времени через ГНСС в 2022 г. Результаты получены на основе обработки данных информационной системы данных о динамике земной коры, отделения времени Международного бюро весов и мер и измерительных средств на пунктах Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли и в Национальном центре службы времени Китая. Полученные результаты показывают следующее: — в системе GPS расхождение системной шкалы времени относительно UTC поддерживалось в пределах ± 5 нс, погрешность передачи системной шкалы времени и UTC потребителям также не превышала 5 нс; — расхождение системной шкалы времени ГЛОНАСС относительно UTC не превышало ± 4 нс, за исключением отдельных интервалов. В то же время, в системе ГЛОНАСС по-прежнему сохранялась систематическая погрешность передачи системной шкалы времени и UTC потребителям ~ 20 нс на интервале до 12.02.2022 и 35–40 нс после 12.02.2022; — расхождение системной шкалы времени Galileo относительно UTC поддерживалось в пределах ± 5 нс; — в системе BeiDou расхождение системной шкалы времени относительно опорной шкалы времени поддерживалось в пределах ± 10 нс. Однако значения расхождения системной шкалы времени BeiDou и UTC, передаваемые потребителям, находились в диапазоне от 15 нс до 30 нс; — в региональных навигационных спутниковых системах QZSS (Япония) и NavIC (Индия) расхождение системных шкал времени и UTC поддерживалось в пределах ± 10 нс.

24.03-01.487 Повышение дальности передачи сигналов частоты и времени модемами VCN-608. Жеглов А.В., Кобяков Р.С., Новожиллов Р.Н., Медведев С.Ю. Труды Института прикладной астрономии РАН № 67. СПб.: ИПА. 2023, с. 35-43. Рус.

Рассмотрены особенности передачи сигналов частоты и времени в зависимости от протяженности и элементного состава волоконно-оптической линии передачи (ВОЛП) с учётом вносимых потерь и потерь, обусловленных отражением. Исследования проведены на базе двух модификаций волоконно-оптических модемов: VCN-608 и VCN-608.02. В модификации VCN-608 для организации дуплексной связи используется циркулятор. Модемы этой модификации связываются по одному волокну. Для передачи сигналов 100 МГц и 1 PPS необходимо использовать две длины волны 1310 нм и 1550 нм. Однако доступных оптических усилителей, одновременно работаю-

щих на этих двух длинах волн, нет. В модификации VCN-608.02 для организации дуплексной связи используется четыре волокна единого кабельного модуля. Это позволяет передавать сигналы 100 МГц и 1 PPS на одной и той же длине волны, а также упрощает использование в ВОЛП оптических усилителей и компенсаторов хроматической дисперсии. Проведено макетирование вариантов передачи сигналов частоты и времени парами сопряжённых модемов и их каскадами. Рассмотрены ограничения на оптический бюджет ВОЛП, связанные с эффектами хроматической дисперсии и вынужденного рассеяния Мандельштама—Бриллюэна. Дана методика оценки вносимой нестабильности при каскадировании ВОЛП. Экспериментально исследована работа ВОЛП с двумя каскадами. Показана возможность одновременной передачи сигналов 100 МГц и 1 PPS качества активного водородного стандарта частоты парой сопряжённых модемов через ВОЛП с оптическим бюджетом до 25 дБ на длине волны 1310 нм, что в пересчёте на номинальную длину ВОЛП соответствует 60 км, и с оптическим бюджетом до 29 дБ на длине волны 1550 нм, что в пересчёте на номинальную длину ВОЛП соответствует более 110 км, без использования оптических усилителей. При использовании двух последовательно соединённых каскадов (то есть участков типа: передающий модем — ВОЛП — принимающий модем, где выходные радиочастотные сигналы принимающего модема первого каскада поступают на радиочастотные входы передающего модема второго каскада) достижимая, но минимальная длина ВОЛП удваивается.

24.03-01.488 Перспективный активный водородный стандарт частоты VCN-2021. *Беляев А.А., Воронцов В.Г., Горелов С.Д., Демидов Н.А., Князев Д.Г., Поляков В.А., Тимофеев Ю.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 67.* СПб.: ИПА. 2023, с. 44-50. Рус.

Рассмотрены результаты инициативной разработки перспективного активного водородного стандарта частоты VCN-2021, основой которого служит квантовый водородный генератор с двойной сортировкой атомов водорода по квантовым состояниям. Проанализированы основные вклады в нестабильность частоты активных водородных стандартов частоты: влияние тепловых шумов резонатора и приемника. Поскольку нестабильность частоты на средних и длительных интервалах времени измерения в основном определяется тепловыми шумами резонатора, для уменьшения их вклада предложен метод двойной сортировки атомов водорода по квантовым состояниям. Рассмотрены основные конструктивные особенности системы двойной сортировки атомов и результаты расчётов количества атомов, ежесекундно попадающих в накопительную колбу. Обосновывается выбор конструкции инвертирующей области. На данный момент известны два метода создания области инверсии: метод быстрого изменения направления магнитного поля и метод адиабатического быстрого прохождения. Основным преимуществом метода адиабатического быстрого прохождения с точки зрения применения в серийно-выпускаемых приборах является отсутствие необходимости в тщательной экранировке области инверсии. Величина постоянной составляющей магнитного поля в этом методе составляет единицы Гс, в то время как для корректной работы метода быстрого изменения направления магнитного поля величина остаточных внешних магнитных полей не должна превышать 1 мкГс. Приведено описание основных электронных узлов VCN-2021. В приборе применена система цифровой фазовой автоподстройки частоты кварцевого генератора и система цифровой автоматической настройки резонатора. Это позволило уменьшить температурный коэффициент фазы выходных сигналов активных водородных стандартов частоты на уровне 2пс/°С; упростить регулировку; повысить точность, воспроизводимость, стабильность, компактность. Разработан модуль управления системой двойной сортировки атомов, обеспечивающий подачу постоянного тока и генерацию частоты зеэмановских переходов, необходимые для работы инвертирующей области по методу адиабатического быстрого прохождения.

24.03-01.489 Научно-технические проблемы развития системы ГЛОНАСС в современных условиях. *Карутин С.Н., Кузнецов А.Н. Труды Института приклад-*

ной астрономии РАН № 67. СПб.: ИПА. 2023, с. 51-54. Рус.

Рассмотрены вопросы использования услуг системы ГЛОНАСС для решения задач социально-экономического развития и научных исследований в современных условиях. Приведены текущие и перспективные требования потребителей к навигационным услугам. На основе анализа текущего состояния системы ГЛОНАСС и перспектив развития зарубежных глобальных навигационных спутниковых систем предложена стратегия развития национальной навигационной системы. Предложена классификация пространственных и непространственных методов повышения помехоустойчивости навигационной аппаратуры потребителя. Представлены прогноз развития рынка помехоустойчивой аппаратуры и общая стратегия развития ГЛОНАСС на период до 2030 г.

24.03-01.490 Теория пятимерной тороидальной Гипервселенной. *Хачатуров Р.В. Прикладная математика и математическая физика.* 2015. 1, № 1, с. 129-146. Рус.

Предложена математическая модель, которая объясняет наблюдаемый процесс ускоренного расширения Вселенной без помощи таких понятий, как “темная энергия” и “темная материя”. Определено понятие Гипервселенной. Обосновано предположение, что наша Вселенная представляет собой расширяющуюся (в настоящий момент с ускорением) трехмерную гиперповерхность четырехмерного шара (гиперсферу) радиусом около 10 млрд св. лет и объемом около 20000 (млрд св. лет)³, а Гипервселенная — вращающийся пятимерный тор. Получены периодические законы изменения скорости, ускорения и радиуса нашей Вселенной при ее движении по поверхности пятимерного тора Гипервселенной. Объяснено явление гравитации. В соответствии с теорией Гипервселенной, описанной в данной работе, никакого Большого взрыва не было, Вселенная не возникла из сингулярности и никогда в нее не сожмется, но и не расширится до бесконечности, а будет циклически расширяться и сжиматься в процессе ее движения вдоль поверхности пятимерного тора Гипервселенной.

24.03-01.491 Морфологические особенности кометы 29P/Швассмана—Вахмана 1 по наблюдениям в обсерватории Санглох в 2021 г. *Кожирова Г.И., Разматуллаева Ф.Дж., Борисенко С.А. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2022. 65, № 5-6, с. 338-346. Рус.

Приведены результаты исследования кометы 29P/Швассмана—Вахмана 1, принадлежащей к группе кентавров, по наблюдениям, проведенным в Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС) Института астрофизики НАНТ в 2021 г. В этот период у кометы происходила очередная вспышечная активность. Измерен видимый и абсолютный блеск в фильтрах BVR, определены показатели цвета, применение цифровых фильтров к изображениям позволило выявить морфологические особенности кометы 29P в виде короткого хвоста и двух мощных джетов. Новые данные свидетельствуют о более мощной по интенсивности вспышечной активности по сравнению с 2017 г. и схожести ее характера с предыдущими явлениями. Эти факты подтверждают реальность механизма, ответственного за кометную активность на далеких гелиоцентрических расстояниях.

24.03-01.492 Колебания плазменного хвоста кометы C/2019 Y4 (ATLAS) под действием солнечного ветра. *Ибрагимов А.А., Шожириён Ф., Асоев Х.Г., Амралиев С.А. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2022. 65, № 5-6, с. 347-351. Рус.

На основе измерений отклонения плазменного хвоста кометы C/2019 Y4 от продолженного радиус-вектора определяется скорость солнечного ветра и рассматривается соответствие с данными космических аппаратов. Показано, что воздействие тангенциальной составляющей приводит к снижению корреляции сравниваемых данных.

24.03-01.493 Определение физических свойств потенциально опасного астероида 2009 XO по наблюдениям в Гиссарской астрономической обсерватории. *Кожирова Г.И., Буриев А.М., Сафаров С.Н., Сатторзова А.А. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2022. 65, № 7-8, с. 494-500. Рус.

Представлены результаты фотометрических наблюдений потенциально опасного астероида (438908) 2009 XO, проведенных на телескопе АЗТ-8 Гиссарской астрономической обсерватории Института астрофизики НАНТ в период его сближения с Землей в мае 2020 г. Измерен видимый блеск астероида в фильтрах BVRI, в результате его конвертации в абсолютный блеск получена величина $H=20.39\pm 0.05^m$ в фильтре V. Это значение близко к эфемеридному абсолютному блеску. Построены кривые блеска и показано, что в период мониторинга блеск астероида существенно не изменился. Показатели цвета соответствуют астероидам M-типа, металлическим по составу и со средним альбедо 0.20. Оценки диаметра составляют 0.35 ± 0.09 км и 0.27 ± 0.04 км при альбедо 0.14 и 0.20, соответственно, что согласуется с имеющимися данными. Сближение с Землей в 2020 г. не оказало существенного влияния на физические характеристики астероида.

24.03-01.494 *Динамические и физические свойства кометы C/2020 PV6 (PANSTARRS) по наблюдениям в Гиссарской астрономической обсерватории. Кожирова Г.И., Буриев А.М., Асоев Х.Г. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022. 65, № 9-10, с. 617-626. Рус.*

По многоцветным наблюдениям долгопериодической кометы C/2020 PV6 (PANSTARRS) в Гиссарской астрономической обсерватории Института астрофизики НАНТ определены координаты и вычислена ее орбита. Измерен видимый и определен абсолютный блеск кометы в фильтрах BVRI, а также его изменение за восемь ночей. Наличие пылевой комы вокруг ядра и вычисленные авторами статьи величины параметра пылепродуктивности указывают на повышенную активность кометы в период мониторинга. Показатели цвета кометы соответствуют короткопериодическим и долгопериодическим кометам. Диаметр ядра кометы оценен как 24.0 ± 0.1 км.

24.03-01.495 *Фотометрические свойства активного астероида 248370 (2005 QN173) по наблюдениям в Словакии и Таджикистане. Кожирова Г.И., Рахматуллаева Ф.Дж., Хусарик М., Иванова А.В., Ворисенко С.А. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022. 65, № 11-12, с. 737-746. Рус.*

Представлены результаты оптических наблюдений вспышки астероида 248370 (2005 QN173), произошедшей 7 июля 2021 г. Наблюдения проведены в обсерватории Скальнате Плесо в Словакии и в Международной астрономической обсерватории Санглох в Таджикистане в июле-августе 2021 г. Объект внезапно проявил признаки кометной активности в виде компактной комы и длинного пылевого хвоста и поэтому был отнесен к классу активных астероидов Главного пояса. Определен видимый и абсолютный блеск астероида в фильтрах BVR и показано, что в период наблюдений блеск астероида оставался стабильным. Вычислен параметр пылепродуктивности, величины которого свойственны для комет семейства Юпитера на далеких гелиоцентрических расстояниях. Диаметр астероида по нашим оценкам составил в среднем 5.3 ± 2 км. Наши фотометрические данные подтверждают активную стадию астероида и соответствуют результатам других наблюдений этого периода.

24.03-01.496 *Применение многополосной фотометрии для поиска признаков пылевой активности астероидов. Бусарев В.В. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 1-2, с. 65-72. Рус.*

Рассматривается применение метода UVBRI-фотометрии астероидов для упрощенной аппроксимации формы их спектров отражения в видимом и ближнем ИК диапазонах. Это обеспечивает возможность проведения обзора значительного числа астероидов за ограниченное наблюдательное время и оперативной оценки формы их спектров отражения. Обсуждаются преимущества и недостатки этого метода по сравнению с классической спектрофотометрией при поиске и изучении слабой пылевой экзосферы, возникающей у астероидов в результате сублимационной активности или других физических процессов.

24.03-01.497 *Результаты наблюдений кометы C/2021 A2 (NEOWISE) в Таджикистане. Кожирова Г.И., Буриев А.М., Аюбов Д.К. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 3-4, с. 196-207. Рус.*

Представлены результаты оптических наблюдений долгопериодической кометы C/2021 A2 (NEOWISE), проведенных на телескопе АЗТ-8 Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) Института астрофизики НАНТ в 2021 г. Определены координаты и вычислена орбита кометы. Найден видимый и абсолютный блеск кометы в фильтрах BVRI, построены кривые блеска по наблюдениям пяти ночей, оценены показатели цвета. Вычислен параметр пылепродуктивности кометы; оценка диаметра ядра кометы составила 7.0 ± 0.1 км. Проведен сравнительный анализ новых данных с опубликованными сведениями и показано отсутствие нестационарных явлений в период наблюдений.

24.03-01.498 *Физические свойства астероида 2011 XZ1 по наблюдениям в период сближения с Землей. Кожирова Г.И., Буриев А.М., Сафаров С.Н., Рахматуллаева Ф.Дж. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 5-6, с. 317-323. Рус.*

На телескопе Цейсс-1000 Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС) Института астрофизики НАНТ в августе 2020 г. проведен мониторинг астероида 2011 XZ1. В этот период астероид сближился с Землей на расстоянии 0.2 а.е. В результате фотометрии изображений, измерен видимый блеск астероида в фильтрах BVRI, определен абсолютный блеск $H=17.70\pm 0.02^m$ (фильтр V), значительных вариаций блеска не обнаружено. Величина альбедо 0.20 и полученные показатели цвета указывают на принадлежность астероида к S типу, вещество которого богато содержанием оливина, пироксена. Диаметр оценен как 0.85 ± 0.05 км, что соответствует имеющимся данным. Физические характеристики астероида не подверглись изменениям из-за его сближения с Землей в августе 2020 г.

24.03-01.499 *Наблюдения покрытия звезды спутником Нептуна Тритоном в обсерватории Санглох. Кожирова Г.И., Рахматуллаева Ф.Дж., Горшанов Д.Л., Львов В.Н., Девяткин А.В., Латипов. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 7-8, с. 417-425. Рус.*

6 октября 2022 г. на телескопе Цейсс-1000 обсерватории Санглох были произведены оптические наблюдения покрытия звезды TYC 5254-00839-1 спутником Нептуна Тритоном. Построена кривая блеска звезды и выявлено, что участки спада и подъема блеска имели конечную продолжительность от 15 до 24 секунд. Это, по-видимому, объясняется наличием атмосферы у Тритона. На кривой блеска этого явления выявлена «ступенька», которая может свидетельствовать о возможном присутствии у покрываемой звезды тесного слабого объекта. Определены высокоточные астрометрические координаты Тритона на средний момент покрытия.

24.03-01.500 *Определение некоторых особенностей потенциально опасного астероида 1998 OR2 по наблюдениям в Таджикистане. Кожирова Г.И., Буриев А.М., Сафаров С.Н. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 9-10, с. 540-549. Рус.*

В результате многоцветных оптических наблюдений потенциально опасного астероида (52768) 1998 OR2 в Гиссарской астрономической обсерватории Института астрофизики НАНТ Таджикистана в 2020 г. определены высокоточные экваториальные координаты, на основе которых вычислена орбита астероида, оказавшаяся близкой к эфемеридной орбите. Измерен видимый и абсолютный блеск астероида и выявлено, что в период мониторинга эти характеристики сохранили стабильность. Показатели цвета соответствуют астероидам спектрального типа S, характеризующимся металлическим составом. Оценки диаметра соответствуют имеющимся данным. Значительных изменений основных свойств астероида вследствие его сближения с Землей не установлено.

24.03-01.501 *Январские метеорные потоки и ассоциации по результатам радиолокационных наблюдений в ГИСАО. Нарзиев М., Худжаназаров Х.Ф., Йопек Т.Й. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 9-10, с. 550-560. Рус.*

На основе данных радиантов, скоростей и элементов орбит 1767 метеоров, измеренных пеленгационно-временным радиометодом, идентифицированы 99 групп с метеорными потоками

и ассоциациями, где для каждого приводятся данные о физических и кинематических параметрах.

24.03-01.502 Семейство астероидов с кометоподобными орбитами, связанное с метеороидным роем дельта-Канкриды. *Кожурова Г.И., Жанг М., Хамроев У.Х., Ли С., Джонмухаммади А.И., Латипов М.Н. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2023, 66, № 11-12, с. 668-678. Рус.

Метеороидный рой δ -Канкрид порождает 4 метеорных потока, наблюдаемых на Земле ежегодно в период январь-февраль и август-сентябрь. Родительская комета роя не установлена. Мы провели поиск АСЗ, связанных с этим роем. По результатам вычисления эволюции орбит ряда АСЗ и определения теоретических параметров их родственных потоков выполнен поиск наблюдаемых активных потоков, схожих с теоретически предсказанными во всех опубликованных базах данных. Оказалось, что предсказанные метеорные потоки, родственные с 13 АСЗ, были отождествлены с активными потоками, порождаемыми метеороидным роем δ -Канкриды. Выявленная связь указывает на общее кометное происхождение астероидов, которые двигаются в рое δ -Канкрид и с высокой вероятностью являются угасшими фрагментами крупной родительской кометы астероидно-метеороидного комплекса Канкрид.

24.03-01.503 Тренды критической частоты foF2 по данным станций северного и южного полушарий. *Данилов А.Д., Константинова А.В., Бербенева Н.А. Гелиогеофизические исследования.* 2023, № 42, с. 4-19. Рус.

Выполнен поиск долговременных трендов критической частоты слоя F2, foF2, на основании наблюдения методом вертикального зондирования на трех станциях Северного Полушария (Juliusruh, Boulder и Moscow) и трех станциях Южного Полушария (Townsville, Hobart и Canberra). Исползовался метод, разработанный и неоднократно описанный авторами ранее. Анализировались данные для двух зимних месяцев в каждом полушарии и для пяти околополуденных моментов местного времени. Для устранения эффектов солнечной активности использовались три индекса SA (F30, Ly- α , и MgII). Для всех рассмотренных ситуаций (станция, месяц, момент LT, индекс SA) получены отрицательные тренды. Они хорошо согласуются друг с другом как при сравнении между собой отдельно станций Северного и Южного полушарий, так и при сравнении станций обоих полушарий.

24.03-01.504 Радиочастотная масс-спектрометрия газов в экзосфере: анализ данных и прогноз природных событий. *Лобзова К.Д., Николаев Г.А., Грязнов Д.К., Николаев А.В., Богодяж С.Д., Кирюшов В.М. Гелиогеофизические исследования.* 2023, № 42, с. 20-28. Рус.

Рассмотрены прикладные аспекты радиочастотной масс-спектрометрии газа в экзосфере для диапазона высот полета космических аппаратов типа «Метеор М» по итогам анализа баз данных ионных токов, пропорциональных количеству ионов H⁺, H₂⁺, He⁺, N⁺, O⁺, и сопоставления показаний ионного тока по кислороду с аномалиями погоды. На основе анализа данных о составе ионизированных газов в экзосфере выявлена наиболее чувствительная к ультрафиолетовому и корпускулярному солнечному излучению компонента газа — атомарный ион кислорода O⁺. Данная компонента образуется в результате обратимого разложения молекулы газа, вызываемого нагревом Солнца. В статье продемонстрировано сравнение среднесуточного показателя O⁺ и известных научной общественности показателей активности Солнца, а также представлен новый способ предсказания природных событий и обнаружения аномалий газа в экзосфере с помощью предиктивной аналитики, рекуррентных нейронных сетей типа ERNN и алгоритма кластеризации данных типа DBSCAN.

24.03-01.505 Проявление аврорального E-слоя в данных радиозондирования ионосферы в условиях геомагнитной бури низкой интенсивности (трансавроральная радиотрасса). *Крашенинников И.В., Шубин В.Н. Гелиогеофизические исследования.* 2023, № 42, с. 29-39. Рус.

Анализируются экспериментальные результаты многочастотного наклонного радиозондирования ионосферы на меридиональной радиотрассе Норильск—Иркутск в период геомагнит-

ной бури низкой интенсивности 22.09.2018 г. с максимальным значением индекса возмущенности Kp \sim 5. На основе модели ионосферы GDMI (Global Dynamic Model of the Ionosphere, ИЗМИРАН), учитывающей динамическое состояние базовых крупномасштабных структур авроральной ионосферы, показано как общее соответствие вариаций максимальных наблюдаемых частот — МНЧ 1F2 и расчетных — МПЧ 1F2, так и дано физическое объяснение зарегистрированному явлению полной блокировки прохождения радиоволн в ночных условиях (“blackout”). Основным фактором данного эффекта является наличие генерируемого высыпавшимися заряженными частицами сильно неоднородного в продольном сечении радиотрассы аврорального слоя E ионосферы.

24.03-01.506 Дистанционный параметрически-экстремальный метод определения влажности почвы. *Бабаева Г.Р. Гелиогеофизические исследования.* 2023, № 42, с. 40-46. Рус.

Отмечено, что несмотря на возможность охвата больших территорий, временные и пространственные разрешения спутниковых методов определения влажности почвы часто оставляют желание еще более улучшить эти показатели. Известные методы для вычисления влажности почвы требуют дополнительного вычисления вегетационных индексов. В статье предложен параметрически-экстремальный метод определения влагосодержания, в котором влажность почвы определяется путем поиска экстремума некоторого параметрического показателя. Составлен алгоритм реализации предлагаемого экстремально-параметрического метода. Проведено модельное исследование, подтвердившее работоспособность предложенного метода.

24.03-01.507 Оптимизация условий дистанционного зондирования влажности участков почвы с максимальной чувствительностью. *Бабаева Г.Р. Гелиогеофизические исследования.* 2023, № 42, с. 47-52. Рус.

Проанализированы условия определения влажности почвы с максимальной чувствительностью путем регистрации наибольшего значения SMI при проведении дистанционного зондирования земельных участков. Вычислено условие, при котором сформированный на базе этого индекса целевой функционал достигает максимума. Это, в свою очередь, является признаком регистрации влажности исследуемой почвы с максимальной чувствительностью.

24.03-01.508 Оптимизация режима работы БПЛА, оснащенного фотокамерой, в режиме полета с переменной скоростью. *Алиева Г.В., Гусейнов О.А. Гелиогеофизические исследования.* 2023, № 42, с. 53-59. Рус.

Статья посвящена вопросам оптимизации режима работы беспилотного летательного аппарата (БПЛА), оснащенной фотокамерой. Сформулирована и решена задача минимизации суммарного смаза изображений, формируемых камерой, установленной на БПЛА, осуществляющего непрерывный полет над различиями сельскохозяйственными полями, в которых выращивается разнообразная сельхозпродукция. Рассмотрен динамический режим полета БПЛА, в котором скорость полета увеличивается непрерывно от минимума до максимума. При таком динамическом режиме полета требуется определить маршрут прохождения полей, в которых показатель GSD (ground sampling distance) составляет некоторое множество. При наличии некоторого ограничения на суммарную величину имеющих GSD, характерного для конкретного сезона развития растительности, вычислена требуемая функциональная зависимость GSD, при которой может быть достигнут минимальный среднесуммарный смаз получаемых изображений.

24.03-01.509 Использование пунктов сети РСДБ для целей повышения точности хронометрического нивелирования. *Тиссен В.М., Симонова Г.В. Вестник СГУ-ГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий).* 2024, 29, № 2, с. 169-178. Рус.

Рассмотрены возможности нового перспективного метода создания глобальной системы ортометрических высот, основанного на использовании эффектов общей теории относительности. Выделены направления развития и совершенствования основных технических средств, без которых невозможно достижение требуемых метрологических характеристик результатов

хронометрического нивелирования, цель которого заключается в определении высот точек рельефа над поверхностью геоида. Приведены необходимые теоретические сведения, поясняющие идею метода и методику проведения измерений с включением пунктов радиointерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ) в высотную геодезическую сеть в качестве опорных футштоков. Выполнен подробный анализ источников погрешностей, возникающих в результатах хронометрических измерений от различных природных факторов. В частности, даны оценки величин релятивистских эффектов, вызванных дополнительными потенциалами в пунктах размещения квантовых часов на разных ортометрических высотах, а также обусловленных лунно-солнечными приливами, неравномерностями вращения Земли и движением ее полюсов. Показано, что при доведении характеристик относительной нестабильности квантовых генераторов частоты до уровня 10–19 и обеспечении соответствующей точности синхронизации удаленных квантовых часов результаты измерения значения силы тяжести методами хронометрического нивелирования будут выше по точности результатов, получаемых лучшими высокоточными средствами классических гравиметрических измерений. Приведены результаты эксперимента по измерению разности ортометрических высот с помощью водородного стандарта частоты ВГ 1-75А в ЗСФ ФГУП «ВНИИФТРИ», показавшие полное соответствие полученных результатов расчетным характеристикам.

24.03-01.510 Моделирование высокоточного ландшафта реальной планетарной среды для космических миссий в программной среде Unreal Engine. *Носраты М., Аббасов И.Б. Авиакосмическое приборостроение. 2024, № 4, с. 36-52. Рус.*

Для целей освоения ближнего космического пространства экономически эффективным и обоснованным является создание реалистичных симуляций. Это подразумевает адекватное моделирование условий осуществления космических миссий и планетарных сред, для которого используется программная среда Unreal Engine. Представлены методы, применяемые для составления данного обзора, обоснована его востребованность. Для успешного процесса моделирования весомым фактором является подготовка, верификация и интеграция внешних данных в виде карт высот, топографических, геологических данных. Осуществлен обзор литературы по топографическим картам и планетарным исследованиям, начиная с этапов исследования Луны, до успешных миссий на Марс, посадки на космические тела Солнечной системы и комет. Создание успешного проекта в среде Unreal Engine подразумевает подготовку исходных данных для импорта, преобразование карты высот, применение инструментов для модификации, корректировки ландшафта, создание динамических профилей атмосферы небесного тела, и корректное наложение текстур для реалистичности виртуальной среды. В качестве примера процесса моделирования топографии поверхности Марса в Unreal Engine представлен конкретный регион в восточной части северного полушария планеты. Для реалистичного моделирования геологических объектов создаются холмы и долины, настраивается ландшафт с использованием библиотеки ресурсов программы, задается освещение, устанавливаются параметры атмосферы с учётом облачности и других эффектов. Отмечены будущие перспективы развития данной отрасли, необходимость предварительной подготовки экипажей космических кораблей для успешных миссий, и создания экономически эффективных, привлекательных игровых приложений для рядовых пользователей в рамках популяризации и привлечения внимания. Ключевые слова: моделирование планетарной среды; исследование космоса; программная среда Unreal Engine; марсианский ландшафт; марсоходы в исследовании космоса; виртуальная модель реальной планетной среды; планетарная топография; топография с высоким разрешением; моделирование планетохода.

24.03-01.511 Исследование оптических свойств атмосфер горячих экзопланет численным моделированием транзитных поглощений в линии HeI 10830 Å. *Руменский М.С., Шайхисламов И.Ф. Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 1, с. 41-47. Рус.*

Транзитные наблюдения экзопланет позволяют измерять такие величины, как температура и относительное содержание

различных элементов в их атмосферах. Для измерения параметров атмосфер экзопланет методом транзитного поглощения широко применяется инфракрасная линия метастабильного гелия HeI 10830 Å. Спектры излучения (спектральная плотность мощности) звезд существенно влияют на физико-химические параметры верхних слоев атмосфер. Для звезд различных спектральных классов методом численного моделирования исследуются особенности транзитных поглощений в линии HeI 10830 Å. Результаты демонстрируют ключевую роль спектра звезды в формировании верхней атмосферы и амплитуде транзитных поглощений экзопланет в линии HeI 10830 Å.

24.03-01.512 О влиянии учета уравнения энергии на модель образования крупновихревого течения в аккрецирующей оболочке протозвезды. *Луговский А.Ю., Лукин В.В. Мат. моделир. 2024. 36, № 3, с. 35-50. Рус.*

Проведено исследование развития магниторотационной неустойчивости (МРН) в аккрецирующей оболочке протозвезды в неизотермическом случае, т.е. с учетом уравнения энергии, RKDG методом второго порядка с использованием распараллеливания по технологии MPI. Показано, что учет уравнения энергии в общей системе МГД-уравнений не оказывает существенного влияния на моделирование процесса образования и эволюции крупномасштабной структуры турбулентности, приводящей к отводу углового момента на периферию оболочки и, как следствие, к росту темпа аккреции на протозвезду. Результаты моделирования качественно сравниваются с наблюдениями области звездообразования G31.41+0.31 и другими наблюдательными данными.

24.03-01.513 Измерение момента импульса Солнца с помощью эффекта гравитоманнитного смещения частоты. *Пилипенко С.В., Захваткин М.В., Литвинов Д.А., Филеткин А.И. Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 3, с. 42-52. Рус.*

Исследована возможность экспериментального определения момента импульса Солнца путем измерения эффекта гравитоманнитного смещения частоты сигналов, которыми обмениваются два спутника на околосолнечных орбитах. Показано, что при использовании современных оптических часов со стабильностью $\sim 10^{-18}$ точность данного эксперимента по результатам 5 лет накопления данных может достичь 5%. Это сравнимо с точностью измерения момента импульса Солнца методами гелиосейсмологии.

24.03-01.514 Определение параметров двойных сверхмассивных черных дыр и идущий от них уровень гравитационного излучения. *Вольвач А.Е., Вольвач Л.Н., Ларионов М.Г., Орленсон В.Б., Малашевич С.В. Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 4, с. 39-47. Рус.*

Представлены новые данные по объекту АО 0235+164, полученные по программе долгосрочного многочастотного мониторинга активных ядер галактик (АЯГ). Предложена модель нахождения параметров тесных двойных систем из сверхмассивных черных дыр (ДСЧД) на основе только данных наблюдений в радиодиапазоне. Методика определения физических характеристик ДСЧД включает проведение гармонического и вейвлет анализов, определение масс спутников и их орбитальных характеристик. Показано, что АО 0235+164 может быть очень массивной и тесной двойной системой, имеющей в своем составе компаньонов с близкими массами. Наличие орбитального периода и кратного полупериода указывает на отсутствие заметного эксцентриситета в системе. Оценки показывают, что наравне с такими АЯГ, как ЗС 454.3 и ОJ 287, АО 0235+164 может быть мощным излучателем гравитационных волн (ГВ), доступным для обнаружения гравитационно-волновыми детекторами International Pulsar Timing Array (IPTA).

24.03-01.515 Метод распознавания элементов космического мусора по оптическим и радиоэлектронным изображениям на основе нейросетевых технологий. *Мишуков О.А., Смирнов А.Н., Житихин А.Е. Журнал радиоэлектроники. 2024, № 1, с. 9. Рус.*

Представлен усовершенствованный байесовский метод, применяемый для распознавания элементов космического мусора по оптическим и радиолокационным изображениям и пред-

назначенный для выявления потенциально-опасных элементов космического мусора для функционирующих космических аппаратов. Предложен набор информативных признаков распознавания элементов космического мусора. В качестве решающего правила рассмотрен модифицированный байесовский классификатор на основе глубокой нейронной сети с последовательной процедурой принятия решений. Определены требования к качеству используемых оптических и радиолокационных изображений. Получены результаты оценивания вероятности распознавания для разных типов элементов космического мусора при различном количестве используемых оптических и радиолокационных изображений.

24.03-01.516 Численная модель движения искусственных спутников Земли. *Александрова А.Г., Попандуло Н.А., Кучерявченко Н.А., Авдюшев В.А., Бордовицына Т.В. Вестн Том. гос. ун-та. Математика и механика.* 2023, № 86, с. 5-20. Рус.

Представлена последняя версия программного комплекса «Численная модель движения искусственных спутников Земли», разработанного в НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета. Описывается его математический инструментальный интерфейс. Программное обеспечение реализовано как для персонального компьютера, так и для среды с распараллеливанием вычислительных задач «Скиф Cyberia» ТГУ.

24.03-01.517 Система «Тандем» для разрушения больших астероидов. *Плетнев Л.В. Инженерная физика.* 2024, № 2, с. 45-48. Рус.

Кометы, метеориты и астероиды небольших размеров, попадая в атмосферу Земли, сгорают или разваливаются на куски, не приводя к большим разрушениям. Значительную опасность представляют космические объекты диаметром несколько десятков метров. Падение таких космических объектов представляет большую опасность для населения. В связи с этим возникает проблема обнаружения таких объектов, определения траектории их движения, отклонения траектории и разрушения. В настоящее время основной нерешенной проблемой является разрушение опасных космических объектов. Для разрушения астероидов размером больше 10 м предложена система, состоящая из вольфрамового стержня и ядерного заряда. Вольфрамовый стержень необходим для создания кратера на поверхности астероида, в который за ним попадает ядерный заряд, поскольку эффективное разрушение астероида возможно только в том случае, если ядерный заряд окажется в астероиде на глубине нескольких десятков метров. Предложены два типа реальных экспериментов по определению степени разрушения макетов астероидов в реальных и модельных экспериментах. Ключевые слова: астероид, разрушение, вольфрамовый стержень, ядерный заряд.

24.03-01.518 Влияние космических факторов на возникновение и обострение эпидемий и пандемий в истории человечества. *Андрущенко В.А., Стулицкий Е.Л., Сызранова Н.Г. Инженерная физика.* 2024, № 3, с. 38-48. Рус.

Предпринимается попытка объяснения первопричины вспышек на Земле различных пандемий, опасных для человечества, привнесением болезнетворных бактерий и вирусов из вне посредством космических тел (этот процесс может осуществляться двумя способами — спонтанным занесением болезнетворных микроорганизмов или целенаправленным искусственным их внедрением), как одной из разновидностей явления панспермии. Косвенным подтверждением этой гипотезы является зарождение эпидемий сначала на весьма ограниченной территории и только затем их распространение в результате контактов ее жителей с населением прилегающих регионов и стран на все континенты. И факт появления новых микробов и вирусов, никогда ранее не встречавшихся нигде на Земле, как, например, лихорадка Эбола или СПИД — иммунодефицит. На возражения оппонентов, утверждавших ранее о стерильности открытого космоса, где ничто не может выжить под воздействием жесткого излучения, низких температур и прочих аномальных факторов, в последнее время появились неоспоримые контраргументы, как, например, обнаружение бактерий различных типов на наружной поверхности МКС (на высотах порядка 400

км над поверхностью Земли). Ключевые слова: астероиды, газопылевые хвосты комет, споры жизни и космические вирусы, эпидемии и пандемии.

24.03-01.519 Гнездовидные плоские центральные конфигурации трапециевидной формы в классической и обобщенном варианте общей задачи $(4n+1)$ -тел. *Перепелкина Ю.В., Задиранов А.Н. Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования.* 2023. 24, № 4, с. 340-348. Рус.

Изучение центральных конфигураций, понятия и определения которых были сформулированы уже классиками небесной механики — Эйлером, Лагранжем, Лапласом и Лиувиллем в XVIII—XIX вв., представляет интерес не только для небесной механики, но и для многих разделов математического анализа, дифференциальных уравнений, аналитической механики, звездной динамики и динамики космического полета. В последние десятилетия наметились возможности использования понятия центральных конфигураций также в теоретической физике, химии, кристаллографии и др. Рассматриваются плоские центральные конфигурации, названные гнездовидными, состоящие из последовательно вложенных один в другой многоугольников, в вершинах которых находятся тела (материальные точки). Доказано существование гнездовидных плоских центральных конфигураций трапециевидной формы с шарообразным телом в центре. Ранее было установлено, что изолированные плоские трапециевидные центральные конфигурации существуют во вращающихся гелиоцентрических системах координат. Предполагается, что на систему действует только закон притяжения Ньютона. В качестве средства решения задачи применена система компьютерной математики Maple.

24.03-01.520 Оптическая система апланатического телескопа с главным сферическим зеркалом. *Дружинин В.В., Пурыев Д.Т. Оптический журнал.* 2024. 91, № 4, с. 60-72. Рус.

Предмет исследования — оптическая система телескопа с главным сферическим зеркалом и зеркальным корректором полевых аберраций. Цель работы заключается в разработке метода аналитического расчёта системы телескопа с главным сферическим зеркалом и двухзеркальным апланатическим корректором аберраций сферического зеркала. Метод проведения работы построен на анализе выполнения принципа Ферма и условия синусов Аббе в системе, состоящей из комбинации сферической поверхности и асферических поверхностей второго порядка. Основные результаты. Получены математические выражения профилей зеркал апланатической системы с главным сферическим зеркалом и двухэлементным зеркальным корректором полевых аберраций. Корректор содержит два вогнутых гиперболических зеркала и расположен вблизи параксиального фокуса сферического зеркала. Фокусное расстояние телескопа равно параксиальному фокусному расстоянию сферического зеркала. Представлены результаты расчёта двух вариантов оптических схем телескопа со следующими значениями диаметра входного зрачка, относительного отверстия и углового поля: 1) $D=6000$ мм, $D:f_c=1:4$, $2w=0,12^\circ$; 2) $D=500$ мм, $D:f_c=1:2$ и $2w=0,57^\circ$. Практическая значимость. Применение сферического зеркала в телескопах позволяет повысить точность контроля формы поверхности сегментов телескопа в процессе изготовления и эксплуатации. Компактный корректор, состоящий только из зеркальных поверхностей, обеспечивает работу в широком спектральном диапазоне и осуществляет коррекцию сферической аберрации и комы, и таким образом позволяет увеличить относительное отверстие системы, угловое поле и качество изображения.

24.03-01.521 Создание метода изолинейного моделирования протяженных малых небесных тел. *Андреев А.О., Нефедьев Ю.А., Демина Н.Ю. Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки.* 2024. 165, № 2, с. 105-114. Рус.

Работа сфокусирована на создании метода моделирования протяженных малых небесных объектов (extended small celestial — ESC-объекты), к которым в первую очередь относятся кометные системы. Особое внимание уделено возможности анализа структуры и изучению физических свойств таких небесных тел, учитывая, что современные теории образования

Солнечной системы показывают достаточно сложную эволюционную динамику. Так как все объекты Солнечной системы эволюционно связаны, создание моделей и изучение структуры различных протяженных небесных объектов позволяет оценить общие эволюционные процессы, происходившие в Солнечной системе. Метод изолинейного моделирования (isolinear modeling — IM-метод) был протестирован на практике и позволил оценить активность процессов, происходящих при движении ESC-объектов в пространстве. Следует отметить, что IM-метод особенно важен при анализе долгопериодических комет, которые во многих случаях только единожды пересекают перигелий своей орбиты в обозримый промежуток существования человеческой цивилизации.

24.03-01.522 Экспериментально-теоретическое исследование взаимодействия космического мусора с экранированными преградами. Батуев С.П., Буркин В.В., Дьячковский А.С., Ищенко А.Н., Радченко П.А., Радченко А.В., Саммель А.Ю., Степанов Е.Ю., Чурашев А.В. *Физическая мезомеханика*. 2024. № 1, с. 81-91. Рус.

Представлены результаты комплексного исследования высокоскоростного и гиперскоростного взаимодействия стального шара, моделирующего частицу космического мусора, с экранированными преградами. Экспериментальные исследования высокоскоростного взаимодействия стального шара проводились в диапазоне скоростей до 2500 м/с. Полученные данные использовались для верификации математической модели и численного алгоритма. Численное моделирование взаимодействия космического мусора с экранированной преградой проводилось в диапазоне скоростей удара 1400–7000 м/с методом конечных элементов, реализованным в авторском программном комплексе EFES. Предложенный алгоритм разрушения позволяет описывать фрагментацию материала, образование новых контактных границ без искажения расчетной сетки. Исследованы особенности ударно-волновых процессов и разрушения экрана и ударника при различных скоростях взаимодействия. Ключевые слова: высокоскоростное взаимодействие, гиперскоростной удар, модель, разрушение, прочность, ударная волна, волна разгрузки.

24.03-01.523 Нелокальные гравитационные теории и изображения теней черных дыр. Алексеев С.О., Байдерин А.А., Немтинова А.В., Земин О.И. *Ж. эксперим. и теор. физ.* 2024. 165, № 4, с. 508-515. Рус.

С помощью метода Ньюмена—Яниса получено новое вращающееся решение «черная дыра» (ЧД) в гравитации с нелокальными поправками. Предложен способ учета поправок от квантовой гравитации при моделировании теней ЧД с использованием вращающихся метрик ЧД. Метод применим и для других нелокальных моделей с аналогичной структурой ЧД-решений. Показано, что в будущем при увеличении точности наблюдений и, следовательно, необходимости более точного их теоретического моделирования в некоторых случаях удобнее учитывать полевые и/или нелокальные поправки вместо введения новых полей.

24.03-01.524 Поляризационные свойства черных дыр и кротовых нор. Чернов С.В. *Ж. эксперим. и теор. физ.* 2024. 165, № 6, с. 788-799. Рус.

На примере метрики Лами исследуются поляризационные свойства черных дыр и кротовых нор. Строятся карты линейной поляризации и положения угла электрического вектора для тороидального и радиального распределений магнитного поля в тонких дисках. Используя данные результаты по будущим РСДБ-наблюдениям на «Телескопе горизонта событий» следующего поколения и космической миссии «Миллиметров», можно будет определить, является ли источник черной дырой или кротовой норой.

24.03-01.525 Обобщенный мост Эйнштейна-Розена внутри черных дыр. Generalized Einstein—Rosen bridge inside black holes. Dokuchaev V.I., Prokorev K.E. *Ж. эксперим. и теор. физ.* 2024. 165, № 6, с. 800-806. Англ.

We generalize the notion of Einstein—Rosen bridge by defining it as a space-like connection between two universes with regions of asymptotically minkowskian space-time infinities.

The corresponding symmetry and asymmetry properties of the generalized Einstein—Rosen bridge are considered at the cases of Reissner—Nordström and Kerr metrics. We elucidate the versatility of intriguing symmetry and asymmetry phenomena outside and inside black holes. For description of the test particle (planet and photon) motion it is used the Kerr-Newman metric of the rotating and electrically charged black hole. It is demonstrated the symmetry and asymmetry of the one-way Einstein—Rosen bridge inside black hole space-time toward and through the plethora of endless and infinite universes.

24.03-01.526 Радиационное искусственное плазменное образование для очистки околоземных орбит от космического мусора. Устинов А.Н., Иванов К.М. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Аэрокосмическая техника*. 2023, № 3(74), с. 63-73. Рус.

Реализация способа плазменной активации аэродинамического торможения «следами атмосферы» может осуществляться с помощью космических аппаратов утилизации орбитального мусора, создаваемых с целью осуществления очистных мероприятий в околоземном пространстве. В данном способе предлагается использовать слабое сопротивление следов атмосферы для торможения искусственно создаваемого плазменного образования большого диаметра, наполняющего и окружающего облако или единичный фрагмент космического мусора. Увеличение аэродинамического сопротивления утилизируемого космического мусора обусловлено на порядки большим миделевым сечением искусственно создаваемого плазменного образования по сравнению с интегральной площадью миделевых сечений совокупности фрагментов космического мусора. Создание плазменного образования обеспечивается с помощью запускаемого с космического аппарата утилизации генератора газопылевой среды. Подвергаясь ионизации под воздействием радиации космического пространства и лазерного облучения, производимого с космических аппаратов утилизации, плазменное образование «срачивает» газопылевое окружение с элементами мусора электростатическими кулоновскими силами. Кроме того, авторами статьи разработан способ осуществления самоионизации искусственного плазменного образования посредством внесения в состав генераторной среды диспергированной пылевой присадки из спонтанно излучающих радионуклидов. Значения сил кулоновского взаимодействия между плазменной средой и поверхностями объектов космического мусора находятся в прямой зависимости от степени ионизации плазмы. Для получения более высокой концентрации ионизованной среды, т.е. высокого значения кулоновского взаимодействия, в её состав вводятся легко ионизирующиеся щелочные и щелочноземельные вещества, имеющие низкий потенциал ионизации. При этом кулоновские электростатические притяжения становятся способными преодолеть рассеивающие усилия аэродинамического воздействия следов атмосферы Земли. Таким образом, искусственное плазменное образование, в состав которого входит космический мусор, сохраняется вплоть до достижения плотных слоев земной атмосферы, где осуществляется его термическая утилизация. Ключевые слова: искусственное плазменное образование, космический аппарат, околоземное космическое пространство, сложная техническая система, собственная внешняя атмосфера, мелкодисперсное образование.

24.03-01.527 Новая инфракрасная камера Кавказской Горной Обсерватории ГАИШ МГУ: конструкция, основные параметры и первый свет. Желтоузов С.Г., Татарников А.М., Белякова А.А., Кокшарова Е.А. *Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия*. 2024. 79, № 1, с. 2410801. Рус.

Представлен прототип инфракрасного фотометра, созданный в ГАИШ МГУ на базе коммерческого светочувствительного модуля Gavin-615A. Основной спектральный рабочий диапазон фотометра 3–5 мкм. Исследования детектора фотометра показали, что его параметры соответствуют заявленным производителем. Нелинейность детектора не превышает ~5% во всем диапазоне сигналов, для ее исправления определены коэффициенты корректирующих функций. Дополнительно определены шум считывания $RN=1200\pm 210 e^-$, коэффициент преобразования $GAIN=520\pm 9 e^-/ADU$, величина сигнала кадра

подложки $BIAS=960.5 \pm 2.2 ADU$ и темновой ток $\approx (9.3 \pm 1.0) \cdot 10^6 e^-/с$, состоящий из суммы темнового тока детектора и излучения входного окна чувствительного модуля и измеренный нами при температуре входного окна $6^\circ C$. С прибором начаты наблюдения на 2.5-м телескопе Кавказской горной станции МГУ, первые результаты которых приведены в работе. Невиньетированное поле зрения составило $30''$. В полосе M при хороших атмосферных условиях достигнуто дифракционное качество изображения $0.5''$. За время накопления $20''$ секунд с отношением $SNR \sim 10$ получены изображения звезды с блеском $L=7.96$ и $M=6.78$. Показано, что при высоком качестве изображений за время накопления 20 секунд в полосах L и M с $SNR=3$ можно наблюдать звезды до $\sim 9^m$ и $\sim 8^m$, соответственно. Основной модуль фотометра использовался также при измерениях яркости фона неба.

24.03-01.528 Моделирование излучения вспышки 27.04.2012 в спектральных линиях водорода, гелия и кальция. *Купряков Ю.А., Бычков К.В., Белова О.М., Малютин В.А., Горшков А.Б. Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия.* 2024. 79, № 2, с. 2420801. Рус.

Приведены результаты анализа наблюдений вспышки SOL2012-04-27 на горизонтальной солнечной установке HSFA-2 обсерватории Одржейов (Астрономический институт Чешской Академии Наук) в спектральных линиях водорода, гелия и кальция. После обработки спектров были определены интегральные потоки излучения в линиях. Наблюдения интерпретируются в рамках предположения о быстром выделении энергии внутри хромосферы, сопровождающемся разлётом газа. В рамках модели нагретого газа выполнен теоретический расчет параметров плазмы с учётом физических условий в хромосфере, включая самопоглощение в спектральных линиях. Сопоставление сразу по шести линиям позволило с большей степенью уверенности восстановить температуру T , плотность и пространственную структуру излучающего газа. Наилучшее согласие теории с наблюдениями получается в модели разлёта неоднородных облаков, в каждом из которых есть области горячие ($T \approx 18000-19500$ К) и менее нагретые ($T \approx 8000-9000$ К). В среднем одно облако даёт около десяти процентов в полный поток излучения.

24.03-01.529 Итерационный метод учёта лунно-солнечного прилива и изменения атмосферного давления. *Дробышев М.Н., Абрамов Д.В., Конешов В.Н. Геофизические исследования.* 2024. 25, № 1, с. 28-39. Рус.

Получение наиболее точных и достоверных гравиметрических данных всегда было и остаётся главной задачей гравиметрии. Цель проводимых авторами многолетних исследований и данной работы, в частности, — выявление в гравиметрических данных вызванных различными внешними воздействиями помах и поиск способов их учёта или устранения. Предложенный методический приём итерационного учёта давления и приливной поправки позволил повысить точность единичных гравиметрических отсчётов до ± 2 мкГал. Основными приборами на протяжении многих лет исследований были относительные автоматизированные гравиметры серии CG Autograv компании Scintrex, на примере которых и показаны основные полученные в работе результаты. В гравиметрах CG-5 и CG-6 приборная точность регистрации составляет соответственно 1.0 и 0.1 мкГал. Однако, нельзя сказать, что единичный отсчёт даст значение приращения силы тяжести с указанной точностью. Относительные гравиметры кроме искомой величины регистрируют также реакцию прибора на инерционное воздействие, изменение метеорологических факторов и собственных аппаратных погрешности, которые не устранить без дополнительной информации. В условиях геофизической обсерватории “Запольское” во Владимирской области на протяжении восьми с половиной месяцев осуществлялись непрерывные гравиметрические, сейсмические и метеорологические измерения. Полученные данные позволили проанализировать возможность частичного учёта влияния атмосферного давления и определения корректных значений дельта-факторов для 20 групп волн с периодами длительностью 48 суток и меньше. Также была оценена минимальная продолжительность гравиметрического ряда для получения дельта-факторов волн с периодами от 0.02 до 3.38 циклов в сутки, составившая шесть месяцев.

24.03-01.530 Пылевая плазма у поверхности Энце- лада — спутника Сатурна. *Шоэрин Д.В., Копнин С.И., Попель С.И. Письма в ЖЭТФ.* 2024. 119, № 6, с. 419-425. Рус.

Показано, что в приповерхностном слое над освещенной частью спутника Сатурна — Энцелада за счет фотоэлектрических и электростатических процессов происходит формирование пылевой плазмы. На основе физико-математической модели для самосогласованного описания концентраций фотоэлектронов и пылевых частиц над поверхностью освещенной части Энцелада определены функции распределения фотоэлектронов у его поверхности, найдены высотные зависимости концентрации пылевых частиц, их зарядов и размеров, а также электрических полей. Отмечается, что несмотря на удаленность Энцелада от Солнца, фотоэффект оказывается важным процессом при формировании пылевой плазмы. Показано, что концентрация фотоэлектронов над поверхностью Энцелада на порядок может превосходить концентрацию электронов и ионов солнечного ветра, а размеры левитирующих пылевых частиц превышают характерные размеры пылевых частиц, поднимающихся над поверхностью Луны.

24.03-01.531 Аэродинамический расчет и разработка конструктивно-силовой схемы крыла самолета для исследования Марса. *Гуереш Д., Комбаев Т.Ш., Рыманова А.Н. Вестник Московского авиац. ин-та.* 2024. 31, № 1, с. 19-31. Рус.

Приведены результаты проектирования конструктивно-силовой схемы крыла беспилотного самолета, предназначенного для исследования Марса. Результаты численного моделирования обтекания самолета в ожидаемых условиях марсианской атмосферы использовались для аэродинамического расчета напряженно-деформированного состояния предполагаемой конструкции крыла, определения запасов прочности и дальнейшей ее оптимизации в среде ANSYS WorkBench. Ключевые слова: самолет для Марса, разреженная атмосфера, малые числа Рейнольдса, конструкция складываемого крыла, взаимодействие потока газа с конструкцией, решетчатые конструкции крыла.

24.03-01.532 Оптимальное управление относительным движением космического аппарата на околоорбитальных орбитах с ограничениями на направление тяги. *Чжоу С., Ишков С.А., Филиппов Г.А. Вестник Московского авиац. ин-та.* 2024. 31, № 1, с. 204-214. Рус.

Рассматривается задача определения оптимального управления относительным движением космического аппарата с двигателем конечной тяги с ограничениями на ее направление — исследуется важный для практики случай, когда тяга ориентирована в плоскости местного горизонта. Приведена линеаризованная математическая модель относительного движения, представленная переменными, описывающими вековое, периодическое и боковое движение в безразмерном виде. Критерием оптимальности выбрана минимальная продолжительность маневра. Выполнено моделирование полученной программы управления на исходной нелинейной модели. Ключевые слова: управление относительным движением космического аппарата, орбитальная цилиндрическая система координат, безразмерные характеристики относительного движения, вековые и периодические составляющие относительного движения, ориентация тяги в плоскости горизонта.

24.03-01.533 Математическое моделирование зарождения солнечных пятен на фотосферном уровне Солнца. *Романов Д.В., Романов К.В., Романов В.А., Степанов Е.А., Лебедев А.А. Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки.* 2023. 27, № 4, с. 723-736. Рус.

Методом компьютерного моделирования исследуется начальная стадия зарождения группы солнечных пятен на фотосферном уровне Солнца. Численно моделируется процесс развития нелинейной фазы неустойчивости Паркера крупномасштабных колебаний магнитных полей в средних слоях конвективной зоны. Исследуется процесс адиабатического охлаждения тонкой магнитной трубки, всплывающей с глубин порядка 100 000 км к фотосферному уровню. Результаты расчетов позволяют детально проанализировать изменение магнитогидродинамических

параметров трубки на различных глубинах конвективной зоны и получить значения физических параметров зарождающихся солнечных пятен, допускающих сопоставление с данными наблюдений. Исследуется физический механизм временной задержки формирования головной части активной области по сравнению с формированием распыленной хвостовой части. Также исследуется проблема устойчивости зарождающихся активных областей. Выделены физические параметры, определяющие устойчивость сформированных активных областей на различных фазах цикла солнечной активности. Определен физический механизм генерации мощного волнового потока ударных волн в начальной стадии зарождения активной области, вносящий существенный вклад в аномальный разогрев солнечной атмосферы, регистрируемый в наблюдательных данных.

24.03-01.534 Космология Фройнда—Намбу с безмас-

совым скалярным полем. *Дудко И.Г., Выблый Ю.П. Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук.* 2024. 60, № 1, с. 43-51. Рус.

В рамках обобщения скалярно-тензорной теории гравитации Фройнда—Намбу рассмотрено безмассовое скалярное поле, источником которого является след его собственного тензора энергии-импульса. Для космологической задачи получены численные решения полевых уравнений, с помощью которых построены зависимости параметра Хаббла и фотометрического расстояния до наблюдаемых источников от красного смещения. Для количественной оценки согласованности моделей с наблюдательными данными построены контуры доверительных интервалов изменения параметров моделей.

См. также **24.03-01.476**

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

A

Ahsan M. **24.03-01.206**
 Aksenov S.P. **24.03-01.245**
 Aldebert C. **24.03-01.115**
 Anosov A. **24.03-01.221**
 Asfandiyarov S.A. **24.03-01.382**

B

Badmaev B.B. **24.03-01.161**
 Bai Yunshan **24.03-01.233**
 Bakushinsky B. **24.03-01.26**
 Baqir M.A. **24.03-01.206**
 Bashkatov V.V. **24.03-01.144**
 Belyaev R.V. **24.03-01.221,**
24.03-01.232
 Bourras D. **24.03-01.115**
 Bychkov P. **24.03-01.317**

C

Chashechkin Yu.D. **24.03-01.146**
 Chen C. **24.03-01.185**
 Chen Han **24.03-01.233**
 Chirkunov Yu.A. **24.03-01.17,**
24.03-01.18
 Cui Dandan **24.03-01.233**

D

Dembelova T.S. **24.03-01.161**
 Devenon J.L. **24.03-01.115**
 Dokuchaev V.I. **24.03-01.525**

E

Erofeev A.V. **24.03-01.221**

F

Faranosov G.A. **24.03-01.317**
 Fraunie P. **24.03-01.115**

G

Gao Guangjian **24.03-01.233**
 Gladkov S.O. **24.03-01.136**
 Gonchar A.V. **24.03-01.51**
 Granovsky N.V. **24.03-01.221**

K

Kazakov L.I. **24.03-01.162**
 Khokhlova V.A. **24.03-01.153,**
24.03-01.382
 Kirillov A.G. **24.03-01.51**
 Kozlov V. **24.03-01.150**
 Kurashkin K.V. **24.03-01.51**
 Kurazhova V. **24.03-01.407**
 Kuzmin A.A. **24.03-01.232**
 Kuznetsov G.N. **24.03-01.245**

L

Leonov A.S. **24.03-01.26**
 Li M. **24.03-01.205**
 Li Z.J. **24.03-01.349**
 Lin Y.B. **24.03-01.349**
 Liu S. **24.03-01.205**
 Liu Yuanxue **24.03-01.233**

M

Makarov S. **24.03-01.408**
 Makarova D.N. **24.03-01.161**
 Maksimov O. **24.03-01.52**
 Mansfeld A.D. **24.03-01.221**
 Mansfeld D. **24.03-01.232**

N

Nartov F.A. **24.03-01.153**
 Novik A.A. **24.03-01.223**

O

Osipov D.S. **24.03-01.408**
 Ostrikov N.N. **24.03-01.144**

P

Peng Z.L. **24.03-01.349**
 Petrosyan S.A. **24.03-01.382**
 Prokopev K.E. **24.03-01.525**

R

Raza M. **24.03-01.206**
 Rosnitskiy P.B. **24.03-01.382**
 Rozanova O.S. **24.03-01.383**

S

Sanin A.G. **24.03-01.221, 24.03-01.232**
 Sapozhnikov O.A. **24.03-01.382**
 Sentchev A. **24.03-01.115**
 Shaikin A.A. **24.03-01.232**
 Shrira V. **24.03-01.115**
 Skolubovich Yu.L. **24.03-01.18**
 Subbotkin O. **24.03-01.212**

T

Tsysar S.A. **24.03-01.382**

V

Vjuginov S.N. **24.03-01.223**
 Vjuginova A. **24.03-01.223**
 Volkov G.P. **24.03-01.232**

W

Wang Y. **24.03-01.185**
 Wee M.F.M.R. **24.03-01.206**
 Williams R.P. **24.03-01.153**

Z

Zhang E.L. **24.03-01.349**
 Zhao R. **24.03-01.205**
 Zhuo J.M. **24.03-01.349**

A

Абакумов М.В. **24.03-01.33**
 Аббасов И.Б. **24.03-01.510**
 Абдуламонов Х.А. **24.03-01.158**
 Абдуллина С.Р. **24.03-01.204**
 Абдульманова К.И. **24.03-01.353**
 Аблокулов Ш. **24.03-01.94**
 Абрамов Д.В. **24.03-01.529**
 Абрамович А.А. **24.03-01.158**

Авдюшев В.А. **24.03-01.516**
 Азимов Ш.Ш. **24.03-01.431**
 Акимов А.Г. **24.03-01.419**
 Аксенов А.А. **24.03-01.81**
 Аксенов С.П. **24.03-01.243,**
24.03-01.244
 Акуленко Л.Д. **24.03-01.59**
 Александров В.А. **24.03-01.300**
 Александров П.Н. **24.03-01.337**
 Александрова А.Г. **24.03-01.516**
 Алексахин А.Н. **24.03-01.238**
 Алексеев С.Г. **24.03-01.191,**
24.03-01.192
 Алексеев С.О. **24.03-01.523**
 Алешкин В.М. **24.03-01.379**
 Алиева Г.В. **24.03-01.508**
 Альбицкая Х.Н. **24.03-01.23**
 Альшевский Д.В. **24.03-01.79**
 Аман Е.Э. **24.03-01.366**
 Амралиев С. **24.03-01.492**
 Амосова Е.В. **24.03-01.35**
 Анашев П.П. **24.03-01.226**
 Анашева А.В. **24.03-01.226**
 Андреев А.О. **24.03-01.521**
 Андреев В.Г. **24.03-01.174,**
24.03-01.179
 Андреева И.Г. **24.03-01.385**
 Андрущенко В.А. **24.03-01.518**
 Аникеев Н.А. **24.03-01.445**
 Анисимкин В.И. **24.03-01.134,**
24.03-01.156, 24.03-01.189,
24.03-01.224
 Анисимов Н.В. **24.03-01.391**
 Анкудинов Н.О. **24.03-01.269**
 Аносов А.А. **24.03-01.219**
 Апарнева А.В. **24.03-01.13**
 Арабаджи В.В. **24.03-01.67**
 Арабян М.О. **24.03-01.101**
 Арефьев К.Ю. **24.03-01.333**
 Асафьев Н.О. **24.03-01.188**
 Асмнин В.Ф. **24.03-01.355**
 Асоев Х.Г. **24.03-01.492, 24.03-01.494**
 Асфандияров Ш.А. **24.03-01.151,**
24.03-01.369, 24.03-01.389
 Афанасьев А.Л. **24.03-01.315**
 Афанасьева О.С. **24.03-01.107**
 Ахи А.В. **24.03-01.415**
 Ахунзянова К.А. **24.03-01.372**
 Аюбов Д.К. **24.03-01.497**
 Аюпов Т.А. **24.03-01.453**

B

Бабаева Г.Р. **24.03-01.506,**
24.03-01.507
 Бабин С.А. **24.03-01.204**
 Бабиц А.В. **24.03-01.451**
 Бабушкина А.В. **24.03-01.82**
 Бадмаев Б.Б. **24.03-01.88**
 Базарова С.Б. **24.03-01.425**
 Байдаров Р.А. **24.03-01.457**
 Байдерин А.А. **24.03-01.523**
 Байдулов В.Г. **24.03-01.59,**
24.03-01.60, 24.03-01.73,
24.03-01.122
 Байназаров Т.Р. **24.03-01.179**
 Баказова Н.К. **24.03-01.458**
 Бакарюк Т.В. **24.03-01.201**
 Бакланов В.С. **24.03-01.332**
 Балакший В.И. **24.03-01.194**
 Баландин В.В. **24.03-01.433**
 Баландин Вл.Вл. **24.03-01.433**
 Балыкин Д.Е. **24.03-01.143**

Баранникова С.А. 24.03-01.91
Баранов С.А. 24.03-01.64
Барановский Е.С. 24.03-01.222
Бардаков Р.Н. 24.03-01.61
Баров С.С. 24.03-01.195
Барсков К.В. 24.03-01.116
Батуев С.П. 24.03-01.522
Батура Н.И. 24.03-01.64
Бахромова З.Н. 24.03-01.27
Бахтин В.К. 24.03-01.143,
24.03-01.422, 24.03-01.435
Башкатов В.В. 24.03-01.329
Башмаков Р.А. 24.03-01.344
Бевзюк И.С. 24.03-01.113
Безответных В.В. 24.03-01.248
Бекренев Н.В. 24.03-01.234
Беленьков Р.Н. 24.03-01.218
Белов И.А. 24.03-01.321
Белова О.М. 24.03-01.528
Белогорцев А.С. 24.03-01.25
Белолуцкий Ф.А. 24.03-01.319
Белоножко Д.Ф. 24.03-01.13,
24.03-01.124
Бельков С.А. 24.03-01.321
Беляев А.А. 24.03-01.488
Беляев Р.В. 24.03-01.219
Беляев Ю.Н. 24.03-01.53, 24.03-01.54
Белякова А.А. 24.03-01.527
Бербенева Н.А. 24.03-01.503
Бехер С.А. 24.03-01.240
Бибииков Н.Г. 24.03-01.387
Бирюков Е.Д. 24.03-01.14
Бланк В.Д. 24.03-01.188
Бобровницкий Ю.И. 24.03-01.167
Бобровский В.В. 24.03-01.337
Богачев И.В. 24.03-01.108,
24.03-01.137
Богданов П.П. 24.03-01.486
Богодяж С.Д. 24.03-01.504
Бограчев К.М. 24.03-01.390
Боев А.В. 24.03-01.294
Бойко В.М. 24.03-01.323
Боддырева Е.С. 24.03-01.37
Бондаренко С.В. 24.03-01.321
Бондаренко Ю.С. 24.03-01.482
Бордовицына Т.В. 24.03-01.516
Борисенко С.А. 24.03-01.491,
24.03-01.495
Боровских А.В. 24.03-01.31
Бородин И.А. 24.03-01.155,
24.03-01.190, 24.03-01.193
Бояркин Е.В. 24.03-01.240
Бритенков А.К. 24.03-01.96
Буланов А.В. 24.03-01.217
Буланов В.А. 24.03-01.237,
24.03-01.238, 24.03-01.275
Буланова Т.А. 24.03-01.237,
24.03-01.238
Булатов В.В. 24.03-01.307
Буравков С.В. 24.03-01.384
Бурдуковская В.Г. 24.03-01.246,
24.03-01.280
Буренин А.В. 24.03-01.284
Буриев А.М. 24.03-01.493,
24.03-01.494, 24.03-01.497,
24.03-01.498, 24.03-01.500
Буркин В.В. 24.03-01.522
Бусарев В.В. 24.03-01.496
Бушенкова Н.А. 24.03-01.341
Быканова А.Ю. 24.03-01.293
Быков А.И. 24.03-01.348
Бычков К.В. 24.03-01.528
Бычков О.П. 24.03-01.80,
24.03-01.327

В

Вазаева Н.В. 24.03-01.116
Ванг Я.Н. 24.03-01.461
Василевская В.В. 24.03-01.12
Василевский А.Н. 24.03-01.341
Васильев А.П. 24.03-01.360
Васильев П.В. 24.03-01.446
Васильева С.Н. 24.03-01.318
Ватульян А.О. 24.03-01.137
Вахрушева У.С. 24.03-01.485
Вахрушина Н.С. 24.03-01.89
Веденев А.И. 24.03-01.262
Вергунова Г.А. 24.03-01.321
Верезуб Н.А. 24.03-01.84
Виндокуров И.А. 24.03-01.468
Винокуров Д.Л. 24.03-01.227
Вировлянский А.Л. 24.03-01.256
Владимиров Ю.В. 24.03-01.307
Власов К.В. 24.03-01.240
Войнаш С.А. 24.03-01.444
Войтенко Е.А. 24.03-01.248
Волик Д.П. 24.03-01.201,
24.03-01.202, 24.03-01.203,
24.03-01.209, 24.03-01.210,
24.03-01.211
Волк Г.М. 24.03-01.413
Волков Г.Ю. 24.03-01.85
Волкова А.А. 24.03-01.282,
24.03-01.298
Волкова М.В. 24.03-01.371
Волкова Н.В. 24.03-01.426
Волошина Т.А. 24.03-01.401
Вольвач А.Е. 24.03-01.514
Вольвач Л.Н. 24.03-01.514
Вольф Д.А. 24.03-01.226
Ворначева И.В. 24.03-01.444
Воронин А.Ю. 24.03-01.321
Воронин В.А. 24.03-01.288
Воронина К.А. 24.03-01.196
Воронова Н.В. 24.03-01.134,
24.03-01.224
Воронцов В.Г. 24.03-01.488
Воротилин М.С. 24.03-01.235
Воскресенский А.В. 24.03-01.288
Вшивков А.Н. 24.03-01.468
Выблый Ю.П. 24.03-01.534
Вьюгинов С.Н. 24.03-01.225
Вьюгинова А.А. 24.03-01.225
Вьюненко Ю.Н. 24.03-01.97
Вэй Ян.С. 24.03-01.477

Г

Гаврилов Л.Р. 24.03-01.463,
24.03-01.464
Гаврилюк В.С. 24.03-01.175
Гаджимагомедов Г.Г. 24.03-01.64
Газизуллин Р.К. 24.03-01.367
Галиақбарова Э.В. 24.03-01.345
Галий С.Н. 24.03-01.294
Галлямов М.О. 24.03-01.12
Галутин В.З. 24.03-01.413
Гаранин С.Г. 24.03-01.321
Гарнов С.В. 24.03-01.11
Гафиятов Р.Н. 24.03-01.117,
24.03-01.128
Гвоздева А.П. 24.03-01.385
Гвоздков Е.М. 24.03-01.283
Гвоздяков Д.В. 24.03-01.177
Герасимов В.В. 24.03-01.411
Герус А.В. 24.03-01.411
Гирагосова Н.А. 24.03-01.442
Глазков А.О. 24.03-01.347
Глазов А.Л. 24.03-01.216
Глазова Е.Г. 24.03-01.83

Глебов В.Е. 24.03-01.107
Глебова Г.М. 24.03-01.429,
24.03-01.430
Глушков Е.В. 24.03-01.127,
24.03-01.135, 24.03-01.388
Глушкова Н.В. 24.03-01.127,
24.03-01.135, 24.03-01.388
Голов А.А. 24.03-01.49, 24.03-01.248
Голованчиков А.Б. 24.03-01.99
Головкин С.Ю. 24.03-01.321
Голубев А.Ю. 24.03-01.331
Голубев В.И. 24.03-01.132,
24.03-01.335
Голубев Е.В. 24.03-01.187
Голубева Т.Б. 24.03-01.416
Голышкин А.В. 24.03-01.156
Гонгальский М.Б. 24.03-01.174
Гончар А.В. 24.03-01.436
Гончаренко Б.И. 24.03-01.261
Гончаров Д.А. 24.03-01.15
Гончаров М.А. 24.03-01.421
Гошин А.В. 24.03-01.459
Горбачёв И.А. 24.03-01.156
Горбачев И.А. 24.03-01.207
Горбунов-Посадов М.М. 24.03-01.475
Гордеев Е.В. 24.03-01.315
Гореленко К.А. 24.03-01.457
Горелов С.Д. 24.03-01.488
Горовой С.В. 24.03-01.260,
24.03-01.261
Горшанов Д.Л. 24.03-01.499
Горшков А.Б. 24.03-01.528
Грановский Н.В. 24.03-01.219
Гребенников А.С. 24.03-01.370
Гренков С.А. 24.03-01.484
Григорьев А.С. 24.03-01.402
Григорьев В.А. 24.03-01.254,
24.03-01.265
Гришин И.М. 24.03-01.333
Гришин П.Н. 24.03-01.179
Гросберг А.Ю. 24.03-01.12
Грудзинская И.С. 24.03-01.227
Грязнов Д.К. 24.03-01.504
Грязнова И.Ю. 24.03-01.283
Губайдуллин Д.А. 24.03-01.118,
24.03-01.119, 24.03-01.120,
24.03-01.154, 24.03-01.171
Губарева О.Ю. 24.03-01.404
Губин В.В. 24.03-01.445
Гуереш Д. 24.03-01.531
Гук И.В. 24.03-01.318
Гулгенов Ч.Ж. 24.03-01.425
Гумеров Р.А. 24.03-01.12
Гурбатов С.Н. 24.03-01.143
Гуревич С.Ю. 24.03-01.187
Гуреев В.О. 24.03-01.404
Гусев В.А. 24.03-01.140, 24.03-01.141
Гусева Е.К. 24.03-01.132
Гусейнов О.А. 24.03-01.508
Гуськов С.Ю. 24.03-01.321
Гущин В.А. 24.03-01.70

Д

Дагкесаманский Р.Д. 24.03-01.483
Дамдинов Б.Б. 24.03-01.424
Данилов А.Д. 24.03-01.503
Данилов В.Н. 24.03-01.439
Данилов Н.А. 24.03-01.414
Данилова Н.В. 24.03-01.384
Дашков М.В. 24.03-01.404
Девяткин А.В. 24.03-01.499
Дегтяр А.Д. 24.03-01.57
Дежкунов Н.В. 24.03-01.175,
24.03-01.176, 24.03-01.459

Дембелова Т.С. 24.03-01.88
 Дементенко В.В. 24.03-01.411
 Демидов Н.А. 24.03-01.488
 Демина Н.Ю. 24.03-01.521
 Демченко Н.Н. 24.03-01.321
 Демьянов М.А. 24.03-01.328
 Денисов С.Л. 24.03-01.330
 Дергач П.А. 24.03-01.339
 Деркач В.Н. 24.03-01.321
 Дерябин М.С. 24.03-01.143,
 24.03-01.422, 24.03-01.435
 Джонмухаммади А.И. 24.03-01.502
 Дзедзисашвили Г.Т. 24.03-01.102
 Диденко В.В. 24.03-01.284
 Диденкулов И.Н. 24.03-01.336
 Дмитриева Н.Ф. 24.03-01.71
 Дмитриев В.Г. 24.03-01.261
 Дмитриев К.В. 24.03-01.220
 Дмитриев С.В. 24.03-01.169
 Добрынин В.А. 24.03-01.314
 Долгих Г.И. 24.03-01.311
 Долгих С.Г. 24.03-01.311
 Долгих С.М. 24.03-01.145
 Долгушев А.В. 24.03-01.483
 Долуденко А.Н. 24.03-01.77
 Доля В.К. 24.03-01.294
 Домасев М.В. 24.03-01.306
 Достовалов А.В. 24.03-01.204
 Драгайло Л.П. 24.03-01.485
 Дробышев М.Н. 24.03-01.529
 Дружин В.В. 24.03-01.520
 Дубовой Д.В. 24.03-01.184
 Дудко И.Г. 24.03-01.534
 Дунин А.Ю. 24.03-01.451
 Дурдиев У.Д. 24.03-01.30
 Душкин П.В. 24.03-01.451
 Душко А.Н. 24.03-01.432
 Дыкина Л.А. 24.03-01.421
 Дьяконов Е.А. 24.03-01.197
 Дьяченко Д.И. 24.03-01.445
 Дьячковский А.С. 24.03-01.522
 Дядик А.Н. 24.03-01.89

Е

Евтушенко А.С. 24.03-01.404
 Егоров И.В. 24.03-01.76
 Егорова М.А. 24.03-01.417,
 24.03-01.418, 24.03-01.419
 Егошина В.Д. 24.03-01.174
 Еделев В. 24.03-01.453
 Екименко А.В. 24.03-01.335
 Елкин Д.Н. 24.03-01.249
 Елкин И.В. 24.03-01.85
 Емельяненко А.В. 24.03-01.12
 Епифанов В.П. 24.03-01.276
 Еремин М.О. 24.03-01.130
 Еремина Г.М. 24.03-01.130
 Ермоленко О.А. 24.03-01.388
 Ерофеев А.В. 24.03-01.219
 Ерофеев В.И. 24.03-01.110,
 24.03-01.168
 Ершов А.А. 24.03-01.424
 Ершов Д.Ю. 24.03-01.366
 Есин Е.И. 24.03-01.341
 Есипов И.Б. 24.03-01.50, 24.03-01.78,
 24.03-01.310
 Ефимов Д.Ю. 24.03-01.21

Ж

Жанг М. 24.03-01.502
 Жарко Н.А. 24.03-01.176
 Жбанков Г.А. 24.03-01.429,
 24.03-01.430

Жеглов А.В. 24.03-01.487
 Желтоухов С.Г. 24.03-01.527
 Житихин А.Е. 24.03-01.515
 Жумагазиев Т.С. 24.03-01.458
 Жуменков С.В. 24.03-01.301
 Журавкова А.В. 24.03-01.412
 Журавлев А.А. 24.03-01.25

З

Загидуллин Р.Р. 24.03-01.444
 Загуменный Я.В. 24.03-01.147
 Задиранов А.Н. 24.03-01.519
 Задорожный В.С. 24.03-01.229
 Заикин С.В. 24.03-01.333
 Зайцев Б.Д. 24.03-01.155,
 24.03-01.190, 24.03-01.193
 Залипаев П.П. 24.03-01.99
 Замтфорт Б.С. 24.03-01.326
 Зарипов Р.Р. 24.03-01.118
 Заславский В.Ю. 24.03-01.255,
 24.03-01.342
 Заславский Ю.М. 24.03-01.255,
 24.03-01.342
 Захарова О.И. 24.03-01.215,
 24.03-01.406
 Захваткин М.В. 24.03-01.513
 Зацепин А.Г. 24.03-01.249
 Зацеркляный О.В. 24.03-01.441
 Зверева М.Б. 24.03-01.100
 Земляк В.Л. 24.03-01.279
 Землянуха П.М. 24.03-01.433
 Земцова О.Г. 24.03-01.235
 Зенин О.И. 24.03-01.523
 Зенков А.В. 24.03-01.177
 Злобина И.В. 24.03-01.234
 Злобина Н.В. 24.03-01.267
 Змитренко Н.В. 24.03-01.321
 Зубова Е.М. 24.03-01.432
 Зуев Л.Б. 24.03-01.91

И

Ибрагимов А.А. 24.03-01.492
 Ивакин Ян.А. 24.03-01.241
 Иванов В.А. 24.03-01.12
 Иванов К.М. 24.03-01.526
 Иванов К.Н. 24.03-01.215
 Иванов М.П. 24.03-01.414
 Иванова А.В. 24.03-01.495
 Ивлев О.А. 24.03-01.455
 Игошин В.Д. 24.03-01.159,
 24.03-01.160
 Игумнов Л.А. 24.03-01.433
 Изюмова А.Ю. 24.03-01.468
 Ильиных А.Ю. 24.03-01.180
 Ильичев А.Т. 24.03-01.278
 Ильичев П.В. 24.03-01.337
 Ильменков С.Л. 24.03-01.90
 Ильченко М.А. 24.03-01.333
 Илюшечкина А.В. 24.03-01.321
 Иляхинский А.В. 24.03-01.236

Й

Йопек Т.Й. 24.03-01.501

И

Ипатов М.С. 24.03-01.330
 Исаев А.Г. 24.03-01.363
 Исаев Е.А. 24.03-01.483
 Исаков В.А. 24.03-01.33
 Исаков А.Ш. 24.03-01.469
 Итрин П.А. 24.03-01.170

Ишков С.А. 24.03-01.532
 Ищенко А.Н. 24.03-01.522

К

Кабанов С.И. 24.03-01.449
 Кадрев А.В. 24.03-01.384
 Казак М.С. 24.03-01.272
 Казаков Ю.В. 24.03-01.300
 Казарова А.Ю. 24.03-01.256
 Казначеев И.В. 24.03-01.286
 Казначеева Е.С. 24.03-01.66,
 24.03-01.287
 Калиев Р.Р. 24.03-01.458
 Калинин С.М. 24.03-01.451
 Калининченко В.А. 24.03-01.183
 Камалов А.А. 24.03-01.384
 Камалутдинов А.М. 24.03-01.93
 Канев Н.Г. 24.03-01.69, 24.03-01.157,
 24.03-01.375, 24.03-01.378
 Канифадин К.В. 24.03-01.240
 Каплуненко Д.Д. 24.03-01.49
 Карабасов С.А. 24.03-01.324
 Караулова О.А. 24.03-01.405
 Карзова М.М. 24.03-01.384,
 24.03-01.462
 Карпов И.А. 24.03-01.370
 Карпук М.М. 24.03-01.44,
 24.03-01.182
 Карцунин И.Э. 24.03-01.92
 Картак В.М. 24.03-01.404
 Карутин С.Н. 24.03-01.489
 Карцев Н.С. 24.03-01.365
 Касаткин Б.А. 24.03-01.267
 Касаткин С.Б. 24.03-01.267
 Касьянов Д.А. 24.03-01.143,
 24.03-01.422, 24.03-01.435
 Катарсёв А.С. 24.03-01.454
 Кацнельсон Б.Г. 24.03-01.256
 Квашенникова А.В. 24.03-01.78,
 24.03-01.461
 Кедрова Г.Е. 24.03-01.391
 Кенигсбергер Г.В. 24.03-01.50,
 24.03-01.310
 Ким А.И. 24.03-01.289
 Ким М.С. 24.03-01.302
 Киреев В.Н. 24.03-01.471,
 24.03-01.472
 Кириллов А.Г. 24.03-01.423
 Кирюшов Б.М. 24.03-01.504
 Киселев Л.В. 24.03-01.293
 Киселев О.Н. 24.03-01.388
 Кистович А.В. 24.03-01.308
 Клешнев Е.А. 24.03-01.394
 Клещенко В.Д. 24.03-01.23
 Клименко Д.В. 24.03-01.81
 Клюкин Д.А. 24.03-01.109
 Ключников В.А. 24.03-01.436
 Клячин Б.И. 24.03-01.281
 Князев Д.Г. 24.03-01.488
 Князева К.С. 24.03-01.20
 Кобяков Р.С. 24.03-01.487
 Кожевников Д.Г. 24.03-01.187
 Козин В.М. 24.03-01.279
 Козицкий С.Б. 24.03-01.273
 Козлов В.Г. 24.03-01.92
 Козлов Д.М. 24.03-01.239
 Козлов Н.В. 24.03-01.92,
 24.03-01.121
 Козлов Ф.А. 24.03-01.116
 Козлова А.С. 24.03-01.106
 Койгеров А.С. 24.03-01.186
 Кокин С.Е. 24.03-01.13
 Кокшарова Е.А. 24.03-01.527
 Коледов В.В. 24.03-01.44, 24.03-01.45

Колесников И.Д. 24.03-01.169
Колесов В.В. 24.03-01.207
Колмаков А.В. 24.03-01.373
Коловоротный В.В. 24.03-01.442
Коломеец Н.П. 24.03-01.229
Комаровский К.О. 24.03-01.141
Комбаев Т.Ш. 24.03-01.531
Комкин А.И. 24.03-01.348,
24.03-01.428
Кондрашова Е.С. 24.03-01.302
Кондырев О.В. 24.03-01.34
Конешов В.Н. 24.03-01.529
Коннова Е.О. 24.03-01.22,
24.03-01.131
Копопацкая И.И. 24.03-01.304
Консон А.Д. 24.03-01.282,
24.03-01.298
Константинов А.Ю. 24.03-01.320
Константинова А.В. 24.03-01.503
Конюхов А.В. 24.03-01.322
Конюхов Г.В. 24.03-01.301
Копнин С.И. 24.03-01.530
Копылов А.В. 24.03-01.409
Копылов М.С. 24.03-01.14
Кораблёв Е.М. 24.03-01.411
Коробко Д.А. 24.03-01.170
Коровко Е.П. 24.03-01.231
Корольков А.И. 24.03-01.20
Коростелева Д.М. 24.03-01.112
Корсаков М.И. 24.03-01.168
Косарев О.И. 24.03-01.24
Костенко В.В. 24.03-01.293
Костюк Д.А. 24.03-01.44, 24.03-01.46
Котельникова Л.М. 24.03-01.56
Котов В.Л. 24.03-01.320
Котухов А.В. 24.03-01.176
Кохирова Г.И. 24.03-01.491,
24.03-01.493, 24.03-01.494,
24.03-01.495, 24.03-01.497,
24.03-01.498, 24.03-01.499,
24.03-01.500, 24.03-01.502
Кочетков А.В. 24.03-01.83
Кочетов О.Ю. 24.03-01.262,
24.03-01.413
Кравченко А.Г. 24.03-01.321
Кравченко М.А. 24.03-01.358
Кравчук Д.А. 24.03-01.196,
24.03-01.200, 24.03-01.393
Кравчун П.Н. 24.03-01.374
Крайдер У. 24.03-01.208
Крамаренко Е.Ю. 24.03-01.12
Кранц В.З. 24.03-01.297
Красненко Н.П. 24.03-01.68,
24.03-01.312, 24.03-01.313
Красницкий В.Ю. 24.03-01.414
Краснопольская Л.М. 24.03-01.156
Крашенинников И.В. 24.03-01.505
Крашенинников С.Ю. 24.03-01.325
Кренделева А.Д. 24.03-01.87
Крикунова А.И. 24.03-01.333
Крит Т.Б. 24.03-01.179
Крохмаль А.А. 24.03-01.87,
24.03-01.461
Крылов А.В. 24.03-01.371
Крылов С.С. 24.03-01.477
Крылова А.С. 24.03-01.348
Крысько Н.В. 24.03-01.239,
24.03-01.450
Кувшинников А.Е. 24.03-01.14
Кузавко Ю.А. 24.03-01.42,
24.03-01.43, 24.03-01.44,
24.03-01.45, 24.03-01.46,
24.03-01.182
Кузенков А.Н. 24.03-01.489
Кузина А.А. 24.03-01.321

Кузнецов А.А. 24.03-01.443
Кузнецов Г.Н. 24.03-01.243,
24.03-01.244, 24.03-01.263,
24.03-01.264, 24.03-01.429,
24.03-01.430
Кузнецов С.В. 24.03-01.331
Кузнецов С.М. 24.03-01.347
Кузнецова И.Е. 24.03-01.134,
24.03-01.156, 24.03-01.189,
24.03-01.207, 24.03-01.224
Кузькин В.М. 24.03-01.66,
24.03-01.286, 24.03-01.287
Кузьменко П.А. 24.03-01.371,
24.03-01.426
Кузьмин И.В. 24.03-01.321
Кузьмин М.К. 24.03-01.237,
24.03-01.238
Кузьмина К.С. 24.03-01.334
Кулаковская В.П. 24.03-01.443
Кулешов В.С. 24.03-01.178
Куликовский А.Г. 24.03-01.55
Куличков С.Н. 24.03-01.310
Кумакшев С.А. 24.03-01.16
Куменко А.И. 24.03-01.434
Кундин А.П. 24.03-01.411
Купрейчик М.И. 24.03-01.194
Купряков Ю.А. 24.03-01.528
Куражова А.В. 24.03-01.399
Курашкин К.В. 24.03-01.423,
24.03-01.436
Курбанов И.К. 24.03-01.29
Курилов А.Д. 24.03-01.237,
24.03-01.238
Курьянова И.В. 24.03-01.392
Кусый А.Г. 24.03-01.239
Куторов А.А. 24.03-01.235
Кучерявченко Н.А. 24.03-01.516
Кучугов П.А. 24.03-01.321
Кущуков С.В. 24.03-01.215

Л

Лабутина М.С. 24.03-01.283
Лаврентьев С.Ю. 24.03-01.309
Лаврухина М.П. 24.03-01.330
Ладутенко К.С. 24.03-01.23
Лазурченко Н.С. 24.03-01.452
Лакаев А.Н. 24.03-01.431
Лалина А.В. 24.03-01.87
Ларионов М.Г. 24.03-01.514
Ларичев В.А. 24.03-01.277
Латипов 24.03-01.499
Латипов М.Н. 24.03-01.502
Лашевич В.В. 24.03-01.292
Ле Н.Д. 24.03-01.104
Лебедев А.А. 24.03-01.533
Лебедев А.В. 24.03-01.133,
24.03-01.184
Лебедев М.С. 24.03-01.248
Лебедева Г.М. 24.03-01.149
Левашкин С.П. 24.03-01.215
Левицкий В.В. 24.03-01.122
Лекомцев С.В. 24.03-01.103
Леоненко Д.В. 24.03-01.105
Леонтьев Ю.Б. 24.03-01.241
Ли С. 24.03-01.502
Либкинд И.И. 24.03-01.451
Лившиц А.Я. 24.03-01.375,
24.03-01.377
Линник Е.Ю. 24.03-01.320
Лисейкин А.В. 24.03-01.339
Лисенкова Е.Е. 24.03-01.110
Лисицын А.А. 24.03-01.83
Лисс Н.И. 24.03-01.292
Литвинов А.Е. 24.03-01.352,

24.03-01.354, 24.03-01.356
Литвинов Д.А. 24.03-01.513
Литвиченко Д.А. 24.03-01.340
Лобанов Д.С. 24.03-01.432,
24.03-01.438, 24.03-01.447
Лобзова К.Д. 24.03-01.504
Лопато А.И. 24.03-01.72
Лосев Г.И. 24.03-01.41
Луговский А.Ю. 24.03-01.512
Лукин В.В. 24.03-01.512
Луковенкова О.О. 24.03-01.343
Лукьяненко И.Н. 24.03-01.366
Лунегова Е.М. 24.03-01.438,
24.03-01.447
Луньков А.А. 24.03-01.242,
24.03-01.253, 24.03-01.262,
24.03-01.265
Львов В.Н. 24.03-01.499
Львов К.П. 24.03-01.58, 24.03-01.247
Ляксо Е.Е. 24.03-01.394,
24.03-01.395
Ляпидевский В.Ю. 24.03-01.250
Ляшков А.С. 24.03-01.258

М

Мавлютова Ю.П. 24.03-01.149
Макаров В.Е. 24.03-01.324
Макаров Д.В. 24.03-01.266
Макаров И.С. 24.03-01.404
Макарова Д.Н. 24.03-01.88
Макарчук Ю.И. 24.03-01.290
Максимов Г.А. 24.03-01.277
Максимова О.М. 24.03-01.424
Малашевич С.В. 24.03-01.514
Малашенко А.Е. 24.03-01.289,
24.03-01.302
Маленко Ж.В. 24.03-01.57
Малеханов А.И. 24.03-01.257,
24.03-01.303, 24.03-01.336
Мальхин А.Ю. 24.03-01.457
Мальшева Т.В. 24.03-01.448
Мальцев Л.И. 24.03-01.177
Малютин В.А. 24.03-01.528
Мамаева З.З. 24.03-01.346
Манаков С.А. 24.03-01.184,
24.03-01.422, 24.03-01.435
Мансфельд А.Д. 24.03-01.219
Манцевич Н.С. 24.03-01.198
Маракасов Д.А. 24.03-01.315
Марчевский И.К. 24.03-01.334
Марчук Ф.Ю. 24.03-01.179
Маршалов Д.А. 24.03-01.482
Маслов В.П. 24.03-01.325
Матвеев А.Ю. 24.03-01.395
Матвеев Ю.Н. 24.03-01.395
Матвеева К.А. 24.03-01.454
Матвеев В.П. 24.03-01.103
Матвиенко Ю.В. 24.03-01.287
Матюшин П.В. 24.03-01.123
Махмалатиф А. 24.03-01.213
Махныткина О.В. 24.03-01.401
Мачихин А.С. 24.03-01.199
Машанов А.Н. 24.03-01.88
Машошин А.И. 24.03-01.301,
24.03-01.305
Медведев А.В. 24.03-01.293
Медведев С.С. 24.03-01.421
Медведев С.Ю. 24.03-01.487
Мелихов В.И. 24.03-01.85,
24.03-01.469
Мелихов О.И. 24.03-01.85,
24.03-01.469
Мельников Н.П. 24.03-01.173
Мельникова В.А. 24.03-01.438

- Меренцов Н.А. 24.03-01.99
Мершина Е.А. 24.03-01.389,
24.03-01.463, 24.03-01.464
Мешков Е.Е. 24.03-01.466
Мещеряков Р.В. 24.03-01.226
Мизёв А.И. 24.03-01.163
Мизёва И.А. 24.03-01.163
Микерин Н.А. 24.03-01.347
Микрюков А.О. 24.03-01.82
Милановский С.Ю. 24.03-01.338
Милехина О.Н. 24.03-01.386
Мильков М.Г. 24.03-01.199
Минеев К.В. 24.03-01.433
Минко А.В. 24.03-01.333
Минниханов Р.Н. 24.03-01.454
Минчук В.С. 24.03-01.175
Миргородский В.И. 24.03-01.411
Миролубов М.А. 24.03-01.79
Миронов А.К. 24.03-01.324,
24.03-01.325
Миронов М.А. 24.03-01.19,
24.03-01.166
Миронюк И.Ю. 24.03-01.80
Митрофанова О.В. 24.03-01.455
Митыпов Ч.М. 24.03-01.424
Мифтахов Б.И. 24.03-01.440
Михайлов Г.С. 24.03-01.459
Михайлов Е.А. 24.03-01.470
Михасев Г.И. 24.03-01.104
Михеев В.В. 24.03-01.357
Михеев В.И. 24.03-01.50
Михнюк А.Н. 24.03-01.264
Мишакин В.В. 24.03-01.436
Мишуков О.А. 24.03-01.515
Могилевич Л.И. 24.03-01.111,
24.03-01.152
Могильнер Л.Ю. 24.03-01.450
Модин И.А. 24.03-01.83
Модорский В.Я. 24.03-01.82
Моисеев К.В. 24.03-01.178
Моисеев М.В. 24.03-01.340
Мокрецов Р.В. 24.03-01.466
Молчанов П.А. 24.03-01.289,
24.03-01.302
Моргунов Ю.Н. 24.03-01.49,
24.03-01.248
Москвитин А.А. 24.03-01.268
Мошков П.А. 24.03-01.81
Мубассарова В.А. 24.03-01.468
Мугатаров А.И. 24.03-01.447
Мункуева Ж.Э. 24.03-01.204
Муравьев В.В. 24.03-01.437
Муравьева О.В. 24.03-01.437,
24.03-01.456
Муратиков К.Л. 24.03-01.216
Муратов К.Р. 24.03-01.113
Муратов М.В. 24.03-01.132
Мурашов С.А. 24.03-01.456
Мурзаева И.В. 24.03-01.299
Мусаева Р.Н. 24.03-01.428
Мысик А.В. 24.03-01.229
Мышенков Е.В. 24.03-01.325
Мью Зо.А. 24.03-01.478
Мюсова А.Е. 24.03-01.321
Мякишева О.А. 24.03-01.127
- Н**
- Набоков А.Е. 24.03-01.351,
24.03-01.362
Нагаенко А.В. 24.03-01.442
Назаренко П.А. 24.03-01.215
Назолин А.Л. 24.03-01.434
Нарзиев М. 24.03-01.501
Нартов Ф.А. 24.03-01.465
- Насыров Р.Р. 24.03-01.120
Насырова Д.А. 24.03-01.344
Невенчанная Т.О. 24.03-01.381,
24.03-01.427
Недбай А.И. 24.03-01.158
Недоспасов И.А. 24.03-01.165
Немтинова А.В. 24.03-01.523
Немыкин В.В. 24.03-01.457
Нестеров С.В. 24.03-01.73
Несынов В.В. 24.03-01.338
Нефедьев Ю.А. 24.03-01.521
Нечаев Д.И. 24.03-01.386
Нешенко И.П. 24.03-01.50
Низамова А.Д. 24.03-01.471,
24.03-01.472
Никитин И.С. 24.03-01.335
Никитина А.Д. 24.03-01.159,
24.03-01.160
Никитина П.А. 24.03-01.437
Никифоров А.А. 24.03-01.119
Никишин Е.Л. 24.03-01.195
Никишов А.И. 24.03-01.476
Николаев А.В. 24.03-01.504
Николаев А.Л. 24.03-01.176,
24.03-01.459
Николаев А.С. 24.03-01.396
Николаев Г.А. 24.03-01.504
Николаев Д.А. 24.03-01.56,
24.03-01.208
Никонов С.М. 24.03-01.85
Новик А.А. 24.03-01.225
Новиков В.В. 24.03-01.354
Новиков В.М. 24.03-01.202,
24.03-01.211
Новикова И.А. 24.03-01.466
Новожилов Р.Н. 24.03-01.487
Норкин М.С. 24.03-01.96
Носрати М. 24.03-01.510
Нуриев А.Н. 24.03-01.93
- О**
- Обцинец О.Г. 24.03-01.290
Овсянников Д.А. 24.03-01.188
Овчинников О.Б. 24.03-01.304
Орешко В.В. 24.03-01.483
Орленсон В.Б. 24.03-01.514
Орлов А.В. 24.03-01.420
Осипенко В.А. 24.03-01.134
Осипов П.П. 24.03-01.120
Осипова А.А. 24.03-01.406
Осминкина Л.А. 24.03-01.174
Остриков Н.Н. 24.03-01.329,
24.03-01.330
Островский Д.Б. 24.03-01.297
Охоботов Д.А. 24.03-01.384
Очиров А.А. 24.03-01.124
Очиров Т.Ч. 24.03-01.425
- П**
- Павликова М.И. 24.03-01.398
Павлов С.Р. 24.03-01.482
Павлова М.В. 24.03-01.195
Паймушин В.Н. 24.03-01.367,
24.03-01.368
Пальчиковская Н.В. 24.03-01.76
Панич А.А. 24.03-01.294,
24.03-01.457
Пантелеев И.А. 24.03-01.468
Панченко А.А. 24.03-01.393
Паращук Н.С. 24.03-01.237,
24.03-01.238
Парфенов А.А. 24.03-01.421
Пархачёв В.В. 24.03-01.433
- Перепелкин В.В. 24.03-01.477
Перепелкин В.Г. 24.03-01.310
Перепелкина Ю.В. 24.03-01.519
Пересёлков С.А. 24.03-01.66,
24.03-01.286, 24.03-01.287
Перетокин А.В. 24.03-01.380
Перов Е.А. 24.03-01.77
Пестерев И.С. 24.03-01.301
Пестова П.А. 24.03-01.462
Петников В.Г. 24.03-01.242,
24.03-01.253, 24.03-01.265
Петров И.Б. 24.03-01.132
Петров М.И. 24.03-01.23,
24.03-01.79, 24.03-01.139,
24.03-01.159, 24.03-01.160
Петров П.С. 24.03-01.49,
24.03-01.266, 24.03-01.272,
24.03-01.273, 24.03-01.274
Петрова Т.Н. 24.03-01.272
Петросян С.А. 24.03-01.230
Петухов В.Н. 24.03-01.431
Пивнев П.П. 24.03-01.285,
24.03-01.288
Пивоваров И.И. 24.03-01.209,
24.03-01.210
Пилипенко С.В. 24.03-01.513
Пирозерский А.Л. 24.03-01.158
Писарев П.В. 24.03-01.372
Платунов А.В. 24.03-01.437
Плетнев Л.В. 24.03-01.517
Плехов О.А. 24.03-01.468
Повколас К.Э. 24.03-01.350
Погорелова А.В. 24.03-01.279
Поддубняк В.Я. 24.03-01.50
Поджаров Ю.С. 24.03-01.177
Пожалостин А.А. 24.03-01.15
Позаненко А.С. 24.03-01.483
Ползикова Н.И. 24.03-01.191,
24.03-01.192
Поликарпова Н.В. 24.03-01.197
Поляков В.А. 24.03-01.488
Поляков В.И. 24.03-01.434
Померанцев Н.Д. 24.03-01.400
Пономарчук Е.М. 24.03-01.384,
24.03-01.460, 24.03-01.461
Попандоццо Н.А. 24.03-01.516
Попель С.И. 24.03-01.530
Поплавский С.В. 24.03-01.323
Попов В.С. 24.03-01.111
Попов М.Ю. 24.03-01.188
Попов О.Е. 24.03-01.50, 24.03-01.310
Попова А.А. 24.03-01.111
Попова Е.В. 24.03-01.152
Порубов А.В. 24.03-01.142
Постников Е.Б. 24.03-01.218
Потапов В.В. 24.03-01.392,
24.03-01.400
Потапова Р.К. 24.03-01.392,
24.03-01.400
Потекаев А.И. 24.03-01.312,
24.03-01.313
Потёмкин И.И. 24.03-01.12
Проботюк В.В. 24.03-01.113
Проскура К.В. 24.03-01.204
Простомолотов А.И. 24.03-01.84
Прохоров В.Е. 24.03-01.47,
24.03-01.48
Пузакина А.К. 24.03-01.24
Пушпырёв П.Д. 24.03-01.165
Пуряев Д.Т. 24.03-01.520
Пучков А.С. 24.03-01.318
Пятаков П.А. 24.03-01.166,
24.03-01.304, 24.03-01.410

Р

- Радионова А.В. 24.03-01.412
 Радченко А.В. 24.03-01.522
 Радченко В.П. 24.03-01.107
 Радченко П.А. 24.03-01.522
 Раевский А.О. 24.03-01.191, 24.03-01.192
 Раевский М.А. 24.03-01.246, 24.03-01.280
 Разенков И.А. 24.03-01.214
 Разживин В.В. 24.03-01.248
 Раков А.С. 24.03-01.68
 Раков Д.С. 24.03-01.68
 Рамазанов И.С. 24.03-01.449
 Рафикова Г.Р. 24.03-01.346
 Рахматуллаева Ф.Дж. 24.03-01.491, 24.03-01.495, 24.03-01.498, 24.03-01.499
 Рашидова Е.В. 24.03-01.446
 Рибенек В.А. 24.03-01.170
 Римская-Корсакова Л.К. 24.03-01.410
 Рогачев В.Г. 24.03-01.321
 Рогачева О.Н. 24.03-01.414
 Роднонов А.А. 24.03-01.9
 Родюшкин В.М. 24.03-01.236
 Роздобудько В.В. 24.03-01.201, 24.03-01.202, 24.03-01.209, 24.03-01.210
 Розенталь Р.М. 24.03-01.433
 Романов Б.В. 24.03-01.414
 Романов В.А. 24.03-01.533
 Романов Д.В. 24.03-01.533
 Романов К.В. 24.03-01.533
 Росляков А.В. 24.03-01.452
 Росницкий П.Б. 24.03-01.230, 24.03-01.231, 24.03-01.384, 24.03-01.389, 24.03-01.463, 24.03-01.464
 Руденко О.В. 24.03-01.12
 Рукавишников А.Н. 24.03-01.321
 Руменских М.С. 24.03-01.511
 Русяк И.Г. 24.03-01.109
 Рыбнянец П.В. 24.03-01.66, 24.03-01.286, 24.03-01.287
 Рыманова А.Н. 24.03-01.531
- С**
- Савельев С.В. 24.03-01.357
 Савин А.С. 24.03-01.278
 Савицкий О.А. 24.03-01.410
 Сазонова С.А. 24.03-01.355
 Сазонтов А.Г. 24.03-01.271
 Саидзода Б.С. 24.03-01.474
 Саитбатов Р.Р. 24.03-01.235
 Салихов Т.Х. 24.03-01.213
 Саммель А.Ю. 24.03-01.522
 Самодуров В.А. 24.03-01.483
 Самофалова А.С. 24.03-01.355
 Самохин А.Б. 24.03-01.36
 Самохина А.С. 24.03-01.36
 Самусев А.К. 24.03-01.79
 Санин А.Г. 24.03-01.219
 Сапожников О.А. 24.03-01.56, 24.03-01.87, 24.03-01.151, 24.03-01.208, 24.03-01.230, 24.03-01.231, 24.03-01.384, 24.03-01.389
 Саранцев А.В. 24.03-01.459
 Сатторзода А.А. 24.03-01.493
 Сафаргалнев М.Ф. 24.03-01.448
 Сафаров Д.С. 24.03-01.28, 24.03-01.29
 Сафаров И.И. 24.03-01.94
 Сафаров С.Н. 24.03-01.493, 24.03-01.498, 24.03-01.500
 Сачук Ю.С. 24.03-01.357
 Сбоев Д.С. 24.03-01.64
 Седунов И.В. 24.03-01.283
 Сейрамян С.П. 24.03-01.95
 Семёнов А.П. 24.03-01.155, 24.03-01.190
 Семенов Д.А. 24.03-01.300
 Сергеев А.М. 24.03-01.12
 Сердюк Д.О. 24.03-01.39
 Сердюков А.С. 24.03-01.339, 24.03-01.340
 Серебряный А.Н. 24.03-01.259
 Серегина М.А. 24.03-01.82
 Сидоров Д.Д. 24.03-01.253
 Сизо А.А. 24.03-01.352, 24.03-01.354, 24.03-01.356
 Симаков И.Г. 24.03-01.425
 Симонова Г.В. 24.03-01.509
 Симицын В.Е. 24.03-01.389, 24.03-01.463, 24.03-01.464
 Сираева Д.Т. 24.03-01.473
 Скворцов М.И. 24.03-01.204
 Скобля Е.С. 24.03-01.98
 Скороход Б.А. 24.03-01.296
 Скрылёв А.В. 24.03-01.457
 Скрынников С.В. 24.03-01.239
 Скуратова Т.Б. 24.03-01.98
 Слепышев А.А. 24.03-01.269
 Слинъков Г.Д. 24.03-01.198
 Смагин И.Р. 24.03-01.466
 Смагин М.В. 24.03-01.139
 Смирнов А.В. 24.03-01.134, 24.03-01.156, 24.03-01.207, 24.03-01.224, 24.03-01.257, 24.03-01.303
 Смирнов А.Л. 24.03-01.102
 Смирнов А.Н. 24.03-01.515
 Смирнов В.А. 24.03-01.277, 24.03-01.365
 Смирнов В.В. 24.03-01.97
 Смирнов В.Я. 24.03-01.420
 Смирнов Е.Б. 24.03-01.145
 Смирнов Ю.Г. 24.03-01.34
 Смолин А.Ю. 24.03-01.130
 Соболев Б.В. 24.03-01.446
 Соколов М.А. 24.03-01.145
 Соколов Р.А. 24.03-01.113
 Соколова В.А. 24.03-01.444
 Солнушкин С.Д. 24.03-01.403
 Соловьев А.Н. 24.03-01.446
 Соловьев В.Р. 24.03-01.291
 Соловьев Н.Г. 24.03-01.309
 Соловьев С.И. 24.03-01.112
 Солодчук А.А. 24.03-01.343
 Соломатина Е.Ю. 24.03-01.321
 Солонцов О.В. 24.03-01.463, 24.03-01.464
 Сонг М. 24.03-01.460, 24.03-01.461
 Сопина О.П. 24.03-01.306
 Сорокин А.Г. 24.03-01.314
 Сорокин Б.П. 24.03-01.188
 Сорокин М.А. 24.03-01.49
 Спивак А.И. 24.03-01.318
 Старовойтов Э.И. 24.03-01.105
 Стародубцев К.В. 24.03-01.321
 Стародубцев П.В. 24.03-01.321
 Старченко И.Б. 24.03-01.200
 Степанов А.Н. 24.03-01.263
 Степанов Е.А. 24.03-01.533
 Степанов Е.Ю. 24.03-01.522
 Степанова Л.Н. 24.03-01.449
 Стерликов А.Д. 24.03-01.452
 Столярова Э.И. 24.03-01.403
 Стрижак С.В. 24.03-01.251
- Струнгарь Е.М. 24.03-01.432
 Ступицкий Е.Л. 24.03-01.518
 Субботкин А.О. 24.03-01.86, 24.03-01.379
 Сулейманов А.Э. 24.03-01.213
 Супин А.Я. 24.03-01.386
 Суфиянов В.Г. 24.03-01.109
 Сухов А.В. 24.03-01.228
 Сухорукоев А.Л. 24.03-01.74
 Сучилин А.В. 24.03-01.195
 Сызранова Н.Г. 24.03-01.518
 Сятковский А.И. 24.03-01.97, 24.03-01.98
- Т**
- Тагильцев А.А. 24.03-01.248
 Тарасов Л.Л. 24.03-01.259
 Тарасов С.П. 24.03-01.285, 24.03-01.288
 Татаринцов А. 24.03-01.388
 Татарников А.М. 24.03-01.527
 Ташкинов М.А. 24.03-01.468
 Теодорович Э.В. 24.03-01.316
 Теплых А.А. 24.03-01.155, 24.03-01.190, 24.03-01.193
 Тепляков И.О. 24.03-01.470
 Терехова А.Ю. 24.03-01.480
 Тешаев М.Х. 24.03-01.94
 Тимергалиев С.Н. 24.03-01.32
 Тимофеев Ю.В. 24.03-01.488
 Тимофеева О.П. 24.03-01.385
 Тимушев С.Ф. 24.03-01.81
 Тиссен В.М. 24.03-01.509
 Тихомиров Л.А. 24.03-01.427
 Тихончук Е.А. 24.03-01.268
 Ткалич Д.И. 24.03-01.79
 Ткаченко Е.С. 24.03-01.258
 Ткаченко Л.А. 24.03-01.62
 Ткаченко С.А. 24.03-01.66, 24.03-01.286, 24.03-01.287
 Толченников А.А. 24.03-01.270
 Тома Ж. 24.03-01.460, 24.03-01.461
 Томилина Т.М. 24.03-01.369
 Томозова М.С. 24.03-01.386
 Топорков Д.Ю. 24.03-01.172
 Тофтул И.Д. 24.03-01.79, 24.03-01.139, 24.03-01.159, 24.03-01.160
 Травин Р.В. 24.03-01.96
 Третьякова Т.В. 24.03-01.432
 Тристанов А.Б. 24.03-01.343
 Трифонов Б.А. 24.03-01.338
 Трифонов И.Н. 24.03-01.409
 Трубкин О.Н. 24.03-01.85
 Тукмаков Д.А. 24.03-01.75
 Турцынский М.К. 24.03-01.252
 Тыщенко А.Г. 24.03-01.273, 24.03-01.274
 Тюлькина И.В. 24.03-01.164
 Тютюкин Ю.В. 24.03-01.25
 Тягунова Л.Ю. 24.03-01.138
- У**
- Уильямс Р.П. 24.03-01.465
 Улейский М.Ю. 24.03-01.266
 Урманчиев С.Ф. 24.03-01.178, 24.03-01.471, 24.03-01.472
 Усенко Н.А. 24.03-01.364
 Устинов А.Н. 24.03-01.526
- Ф**
- Фадеев А.С. 24.03-01.375,

24.03-01.377
 Фадеев Д.А. **24.03-01.444**
 Файзуллин Р.Р. **24.03-01.453**
 Фараносов Г.А. **24.03-01.80,**
24.03-01.327
 Фарфель В.А. **24.03-01.96**
 Федоринчик М.П. **24.03-01.175**
 Федоров Ю.В. **24.03-01.126,**
24.03-01.129, 24.03-01.171
 Федосеев С.Ю. **24.03-01.81**
 Федотенков Г.В. **24.03-01.39**
 Федоткина Т.В. **24.03-01.385**
 Федотов Л.В. **24.03-01.484**
 Федюшкин А.И. **24.03-01.65**
 Феоктистов А.Ю. **24.03-01.486**
 Филеткин А.И. **24.03-01.513**
 Филиппов Г.А. **24.03-01.532**
 Филиппов С.Б. **24.03-01.102,**
24.03-01.106
 Филиппова А.С. **24.03-01.477**
 Филиппова О.Е. **24.03-01.12**
 Финоченко В.А. **24.03-01.353**
 Фирсов В.А. **24.03-01.368**
 Фоменко С.И. **24.03-01.127**
 Фомушкина С.А. **24.03-01.228**
 Фортова С.В. **24.03-01.319**
 Фотиади А.А. **24.03-01.170**
 Фризюк К.С. **24.03-01.159,**
24.03-01.160
 Фролова О.В. **24.03-01.395,**
24.03-01.397

Х

Хазов П.А. **24.03-01.138**
 Хакимова З.Р. **24.03-01.345**
 Хамроев У.Х. **24.03-01.502**
 Харук Г.Н. **24.03-01.424**
 Хасанов А.Б. **24.03-01.38**
 Хасанов Т.А. **24.03-01.431**
 Хасанов Т.Г. **24.03-01.38**
 Хатамтаев Б.И. **24.03-01.295**
 Хачатуров Р.В. **24.03-01.490**
 Хворостов Ю.А. **24.03-01.287**
 Хлопков Е.А. **24.03-01.97**
 Ходжаев Ю.П. **24.03-01.213**
 Ходжян В.А. **24.03-01.97**
 Хорунжий Г.Д. **24.03-01.418**
 Хохлов Д.Р. **24.03-01.12**
 Хохлова В.А. **24.03-01.22,**
24.03-01.78, 24.03-01.131,
24.03-01.231, 24.03-01.384,
24.03-01.389, 24.03-01.460,
24.03-01.461, 24.03-01.462,
24.03-01.463, 24.03-01.464,
24.03-01.465
 Хохлова Т.Д. **24.03-01.460,**
24.03-01.461
 Худжаназаров Х.Ф. **24.03-01.501**
 Худойназаров Х.Х. **24.03-01.114**
 Хусарик М. **24.03-01.495**

Ц

Цветков А.В. **24.03-01.305**
 Циберкин К.Б. **24.03-01.164**
 Цимиха М.А. **24.03-01.159,**
24.03-01.160

Цукерников И.Е. **24.03-01.381,**
24.03-01.427
 Цурикова У.А. **24.03-01.174**
 Цысарь С.А. **24.03-01.56, 24.03-01.87,**
24.03-01.151, 24.03-01.208,
24.03-01.230, 24.03-01.231,
24.03-01.384, 24.03-01.389

Ч

Чайковский В.М. **24.03-01.235**
 Чантурия Г.Т. **24.03-01.238**
 Чарная Е.В. **24.03-01.158**
 Чаусов Д.Н. **24.03-01.237,**
24.03-01.238
 Чашечкин Ю.Д. **24.03-01.147,**
24.03-01.148, 24.03-01.308
 Чеботарева Е.А. **24.03-01.438**
 Чемнаков А.С. **24.03-01.452**
 Черепанов И.Е. **24.03-01.82**
 Черников В.П. **24.03-01.384**
 Чернов В.В. **24.03-01.336**
 Чернов С.В. **24.03-01.524**
 Чернова В.В. **24.03-01.449**
 Чернышев И.А. **24.03-01.74**
 Черняев А.Л. **24.03-01.384**
 Чесноков А.А. **24.03-01.250**
 Чжоу С. **24.03-01.532**
 Чигвинцев А.А. **24.03-01.485**
 Чиж И.К. **24.03-01.197**
 Чихман В.Н. **24.03-01.403**
 Чугайнова А.П. **24.03-01.55**
 Чугуров И.А. **24.03-01.321**
 Чукарин А.Н. **24.03-01.352,**
24.03-01.353, 24.03-01.354,
24.03-01.356
 Чунчузов И.П. **24.03-01.310**
 Чупашев А.В. **24.03-01.522**
 Чупова Д.Д. **24.03-01.463,**
24.03-01.464
 Чуприков А.М. **24.03-01.467**
 Чуриков Д.О. **24.03-01.234**
 Чурикова В.И. **24.03-01.99**
 Чуркина Т.Е. **24.03-01.479,**
24.03-01.480

Ш

Шавров В.Г. **24.03-01.42, 24.03-01.44,**
24.03-01.45, 24.03-01.182
 Шагапов В.Ш. **24.03-01.344,**
24.03-01.345, 24.03-01.346
 Шайдуллин Л.Р. **24.03-01.63**
 Шайхисламов И.Ф. **24.03-01.511**
 Шакуров Д.Р. **24.03-01.422,**
24.03-01.435
 Шакурский М.В. **24.03-01.405**
 Шаманаева Л.Г. **24.03-01.312,**
24.03-01.313
 Шамсутдинова Е.С. **24.03-01.189**
 Шанин А.В. **24.03-01.20**
 Шарикова М.О. **24.03-01.199**
 Шаров О.О. **24.03-01.321**
 Шаропина И.А. **24.03-01.113**
 Шатохин А.В. **24.03-01.241**
 Шатравин А.В. **24.03-01.242**
 Шатров М.Г. **24.03-01.347**

Шашков А.Ю. **24.03-01.278**
 Шебеко В.П. **24.03-01.176**
 Шевцов С.Е. **24.03-01.376**
 Шевченко Е.В. **24.03-01.158**
 Шейнман Е.Л. **24.03-01.291**
 Шематович В.И. **24.03-01.481**
 Шемякин А.Н. **24.03-01.309**
 Шепелев В.В. **24.03-01.77,**
24.03-01.319
 Шепелев И.А. **24.03-01.169**
 Шибаев С.С. **24.03-01.202,**
24.03-01.211
 Шинкевич А.И. **24.03-01.448**
 Ширгина Н.В. **24.03-01.377**
 Ширяев А.А. **24.03-01.125,**
24.03-01.181
 Шихарев П.А. **24.03-01.456**
 Шишкин В.М. **24.03-01.368**
 Шишкина П.А. **24.03-01.361**
 Шкода И.В. **24.03-01.138**
 Шляхтенков С.П. **24.03-01.240**
 Шмыров А.В. **24.03-01.163**
 Шмырова А.И. **24.03-01.163**
 Шокирийн Ф. **24.03-01.492**
 Шония Д.П. **24.03-01.359**
 Шорстов В.А. **24.03-01.324**
 Шохрин Д.В. **24.03-01.530**
 Шубин В.Н. **24.03-01.505**
 Шульгин В.А. **24.03-01.40**
 Шуляпов С.А. **24.03-01.166,**
24.03-01.304, 24.03-01.410
 Шуруп А.С. **24.03-01.262**

Щ

Щеглов С.Г. **24.03-01.258**
 Щипаков Н.А. **24.03-01.239**
 Щипицын В.Д. **24.03-01.149**
 Щиржецкий Х.А. **24.03-01.379,**
24.03-01.380
 Щуров В.А. **24.03-01.258**
 Щурова Н.Е. **24.03-01.381**

Э

Эрхардт М. **24.03-01.274**

Ю

Юдин М.А. **24.03-01.80**
 Юлдашев П.В. **24.03-01.22,**
24.03-01.78, 24.03-01.131,
24.03-01.384, 24.03-01.462
 Юрченков И.А. **24.03-01.36**

Я

Яблоков А.В. **24.03-01.339,**
24.03-01.340
 Явруян О.В. **24.03-01.137**
 Якимов М.Ю. **24.03-01.309**
 Яковенко А.Л. **24.03-01.347**
 Яковец М.А. **24.03-01.330**
 Якуш С.Е. **24.03-01.85, 24.03-01.469**
 Яропольский И.М. **24.03-01.365**
 Ярошенко А.А. **24.03-01.57**
 Яхин Р.А. **24.03-01.321**

УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

Журналы

- Acoustical Physics. 2024. 70, № 1 **24.03-01.26, 24.03-01.51, 24.03-01.52, 24.03-01.136, 24.03-01.144, 24.03-01.153, 24.03-01.161, 24.03-01.162, 24.03-01.185, 24.03-01.205, 24.03-01.206, 24.03-01.212, 24.03-01.221, 24.03-01.223, 24.03-01.232, 24.03-01.233, 24.03-01.245, 24.03-01.317, 24.03-01.349, 24.03-01.382, 24.03-01.407, 24.03-01.408**
- Авиакосмическое приборостроение. 2024, № 4 **24.03-01.510**
- Алгебра и анализ. 2024. 36, № 2 **24.03-01.150**
- Биомедицинская радиоэлектроника. 2024. 27, № 1 **24.03-01.411**
- Вестн. Том. гос. ун-та. Математика и механика. 2023, № 86 **24.03-01.109, 24.03-01.516**
- Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского технологического университета — 1998—2015). 2024. 27, № 4 **24.03-01.454**
- Вестник Ижевского гос. технич. ун-та. 2024. 27, № 1 **24.03-01.240**
- Вестник Казанского гос. технич. ун-та им. А. Н. Туполева. 2024. 80, № 1 **24.03-01.440**
- Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 1 **24.03-01.527**
- Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 2 **24.03-01.528**
- Вестник Московского авиац. ин-та. 2024. 31, № 1 **24.03-01.333, 24.03-01.531, 24.03-01.532**
- Вестник Нижегородского ун-та. 2018, № 1 **24.03-01.412**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2017, № 4 **24.03-01.320**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2018, № 3 **24.03-01.236, 24.03-01.445**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2018, № 4 **24.03-01.53, 24.03-01.137**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2019, № 1 **24.03-01.91, 24.03-01.432**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2019, № 4 **24.03-01.446**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2020, № 1 **24.03-01.107**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2021, № 1 **24.03-01.447**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2021, № 4 **24.03-01.108**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2023, № 6 **24.03-01.54, 24.03-01.82, 24.03-01.468**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Аэрокосмическая техника. 2023, № 3(74) **24.03-01.526**
- Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Аэрокосмическая техника. 2023, № 4(75) **24.03-01.372**
- Вестник Российской академии наук (РАН). 2023. 93, № 11 **24.03-01.475**
- Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2023. 24, № 4 **24.03-01.519**
- Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2023. 27, № 4 **24.03-01.83, 24.03-01.114, 24.03-01.533**
- Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2024. 29, № 2 **24.03-01.509**
- Вестник Томского гос. архитектурно-строительного ун-та. 2023. 25, № 6 **24.03-01.138**
- Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математика. Механика. Физика. 2024. 16, № 1 **24.03-01.187**
- Вопросы инженерной сейсмологии. 2023. 50, № 4 **24.03-01.338**
- Вопросы инженерной сейсмологии. 2024. 51, № 1 **24.03-01.339**
- Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2007, № 1 **24.03-01.209**
- Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2009, № 1 **24.03-01.201, 24.03-01.202**
- Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2012, № 1 **24.03-01.210**
- Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2014, № 6/н1 **24.03-01.211**
- Вопросы специальной радиоэлектроники. Сборник статей. 2014, № 6/н2 **24.03-01.203**
- Гелиогеофизические исследования. 2023, № 42 **24.03-01.503, 24.03-01.504, 24.03-01.505, 24.03-01.506, 24.03-01.507, 24.03-01.508**
- Геология и геофизика. 2023, № 5 **24.03-01.340**
- Геология и геофизика. 2024, № 2 **24.03-01.341**
- Геофизические исследования. 2024. 25, № 1 **24.03-01.529**
- Гидроакустика. 2023, № 56 **24.03-01.241, 24.03-01.247, 24.03-01.290, 24.03-01.291, 24.03-01.292, 24.03-01.297, 24.03-01.298, 24.03-01.299, 24.03-01.300, 24.03-01.306**
- Дефектоскопия. 2023, № 11 **24.03-01.113**
- Дефектоскопия. 2023, № 12 **24.03-01.239, 24.03-01.437**
- Деформация и разрушение материалов. 2024, № 5 **24.03-01.438**
- Дифференциальные уравнения. 2023. 59, № 1 **24.03-01.10**
- Дифференциальные уравнения. 2023. 59, № 3 **24.03-01.30**
- Дифференциальные уравнения. 2023. 59, № 5 **24.03-01.31, 24.03-01.32**
- Дифференциальные уравнения. 2023. 59, № 6 **24.03-01.33**
- Дифференциальные уравнения. 2023. 59, № 8 **24.03-01.34, 24.03-01.100**
- Дифференциальные уравнения. 2023. 59, № 9 **24.03-01.35, 24.03-01.36, 24.03-01.101**
- Дифференциальные уравнения. 2023. 59, № 11 **24.03-01.37**
- Дифференциальные уравнения. 2023. 59, № 12 **24.03-01.38**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022. 65, № 5-6 **24.03-01.491, 24.03-01.492**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022. 65, № 7-8 **24.03-01.493**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022. 65, № 9-10 **24.03-01.27, 24.03-01.494**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022. 65, № 11-12 **24.03-01.474, 24.03-01.495**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 1-2 **24.03-01.496**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 3-4 **24.03-01.497**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 5-6 **24.03-01.28, 24.03-01.498**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 7-8 **24.03-01.29, 24.03-01.499**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 9-10 **24.03-01.213, 24.03-01.500, 24.03-01.501**
- Доклады академии наук республики Таджикистан. 2023. 66, № 11-12 **24.03-01.431, 24.03-01.502**
- Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 165, № 4 **24.03-01.321, 24.03-01.322, 24.03-01.523**
- Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 165, № 6 **24.03-01.524, 24.03-01.525**
- Журнал радиоэлектроники. 2023, № 9 **24.03-01.390**
- Журнал радиоэлектроники. 2024, № 1 **24.03-01.515**
- Журнал технической физики. 2024. 94, № 3 **24.03-01.169**
- Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 10 **24.03-01.39, 24.03-01.110, 24.03-01.111, 24.03-01.142, 24.03-01.152, 24.03-01.278, 24.03-01.433, 24.03-01.434, 24.03-01.435,**

- 24.03-01.436**
 Известия вузов. Радиофизика. 2023. 66, № 12 **24.03-01.246**
 Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук. 2024. 60, № 1 **24.03-01.534**
 Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2024, № 1(131) **24.03-01.318**
 Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2024. 24, № 1 **24.03-01.186, 24.03-01.234**
 Известия Саратовского ун-та. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2024. 24, № 1 **24.03-01.102, 24.03-01.103, 24.03-01.104, 24.03-01.105, 24.03-01.106**
 Известия Томского политехнического университета. 2024. 335, № 3 **24.03-01.177**
 Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023, № 11 **24.03-01.351, 24.03-01.352, 24.03-01.353, 24.03-01.409**
 Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023, № 12 **24.03-01.235, 24.03-01.354, 24.03-01.355, 24.03-01.356, 24.03-01.357, 24.03-01.444**
 Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024, № 1 **24.03-01.358, 24.03-01.359, 24.03-01.360, 24.03-01.361, 24.03-01.362**
 Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024, № 2 **24.03-01.363, 24.03-01.364, 24.03-01.365, 24.03-01.366**
 Инженерная физика. 2024, № 2 **24.03-01.517**
 Инженерная физика. 2024, № 3 **24.03-01.237, 24.03-01.518**
 Квантовая электроника. 2023. 53, № 10 **24.03-01.170, 24.03-01.204**
 Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 1 **24.03-01.448, 24.03-01.456**
 Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 2 **24.03-01.449**
 Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 3 **24.03-01.439, 24.03-01.450**
 Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 3 **24.03-01.513**
 Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 4 **24.03-01.514**
 Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 5 **24.03-01.476**
 Мат. моделир. 2024. 36, № 2 **24.03-01.81, 24.03-01.319**
 Мат. моделир. 2024. 36, № 3 **24.03-01.215, 24.03-01.512**
 Математические заметки. 2024. 115, № 5 **24.03-01.222**
 Мор. гидрофиз. ж. 2024. 40, № 2 **24.03-01.269**
 Морские интеллектуальные технологии. 2023, № 4-1 **24.03-01.296, 24.03-01.343, 24.03-01.455**
 Морской вестник. 2024, № 1 **24.03-01.89, 24.03-01.90**
 Наука и техника. 2024. 23, № 1 **24.03-01.350**
 Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2023, № 5 **24.03-01.337**
 Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2023, № 6 **24.03-01.458**
 Омский научный вестник. 2024, № 1 **24.03-01.443**
 Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 1 **24.03-01.214, 24.03-01.511**
 Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 3 **24.03-01.315**
 Оптический журнал. 2024. 91, № 4 **24.03-01.520**
 Письма в Журнал технической физики. 2024. 50, № 11 **24.03-01.40**
 Письма в ЖЭТФ. 2024. 119, № 6 **24.03-01.530**
 Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 3 **24.03-01.266, 24.03-01.267, 24.03-01.301, 24.03-01.302**
 Подводные исследования и робототехника. 2023. 36, № 4 **24.03-01.217, 24.03-01.248, 24.03-01.268, 24.03-01.293, 24.03-01.311**
 Подводные исследования и робототехника. 2024. 37, № 1 **24.03-01.284**
 Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024, № 2 **24.03-01.238**
 Прикладная математика и математическая физика. 2015. 1, № 1 **24.03-01.490**
 УФН. 2024. 194, № 2 **24.03-01.11, 24.03-01.12, 24.03-01.265**
 Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки. 2024. 165, № 2 **24.03-01.112, 24.03-01.521**
 Физика горения и взрыва. 2024. 60, № 2 **24.03-01.145, 24.03-01.323**
 Физика твердого тела. 2024. 66, № 3 **24.03-01.216**
 Физическая мезомеханика. 2024. 27, № 1 **24.03-01.522**
 Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2024. 17, № 1 **24.03-01.9, 24.03-01.279, 24.03-01.282, 24.03-01.305**
 Экологические системы и приборы. 2024, № 3 **24.03-01.99**

Конференции и сборники

- 9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018 **24.03-01.13, 24.03-01.14, 24.03-01.15, 24.03-01.16, 24.03-01.47, 24.03-01.48, 24.03-01.55, 24.03-01.59, 24.03-01.60, 24.03-01.61, 24.03-01.62, 24.03-01.63, 24.03-01.64, 24.03-01.65, 24.03-01.70, 24.03-01.71, 24.03-01.72, 24.03-01.73, 24.03-01.74, 24.03-01.75, 24.03-01.84, 24.03-01.85, 24.03-01.92, 24.03-01.93, 24.03-01.115, 24.03-01.116, 24.03-01.117, 24.03-01.118, 24.03-01.119, 24.03-01.120, 24.03-01.121, 24.03-01.122, 24.03-01.123, 24.03-01.124, 24.03-01.125, 24.03-01.146, 24.03-01.147, 24.03-01.148, 24.03-01.149, 24.03-01.154, 24.03-01.163, 24.03-01.164, 24.03-01.171, 24.03-01.172, 24.03-01.178, 24.03-01.180, 24.03-01.181, 24.03-01.183, 24.03-01.249, 24.03-01.250, 24.03-01.251, 24.03-01.252, 24.03-01.270, 24.03-01.276, 24.03-01.307, 24.03-01.308, 24.03-01.309, 24.03-01.316, 24.03-01.334, 24.03-01.347, 24.03-01.383, 24.03-01.451, 24.03-01.466, 24.03-01.467, 24.03-01.469, 24.03-01.470, 24.03-01.471, 24.03-01.472, 24.03-01.473**
 XXV Международная научно-техническая конференция «проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТиТТ-2023. Том 1. Казань, 22—24 ноября 2023 г. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2023 **24.03-01.404, 24.03-01.405, 24.03-01.406, 24.03-01.452, 24.03-01.453**
 Актуальные проблемы прикладной математики и механики. Тезисы докладов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федерального университета. Абрау-Дюрсо, 01—06 сентября 2020 г. Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского. 2020 **24.03-01.17, 24.03-01.18, 24.03-01.126, 24.03-01.127, 24.03-01.335**
 Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIXX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27 сентября—01 октября 2004 г. Витебск: Витебский государственный технологический ун-т. 2004 **24.03-01.42, 24.03-01.43, 24.03-01.44, 24.03-01.45, 24.03-01.46, 24.03-01.182**
 Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСПС 2021). Алушта, 04—13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021 **24.03-01.76, 24.03-01.77, 24.03-01.94, 24.03-01.95, 24.03-01.128, 24.03-01.129, 24.03-01.130, 24.03-01.344, 24.03-01.345, 24.03-01.346, 24.03-01.367, 24.03-01.368, 24.03-01.477, 24.03-01.478, 24.03-01.479, 24.03-01.480, 24.03-01.481**
 Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20—23 сентября 2021 г. Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021 **24.03-01.285, 24.03-01.294, 24.03-01.420, 24.03-01.421, 24.03-01.441, 24.03-01.442, 24.03-01.457**
 Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023 **24.03-01.19, 24.03-01.20, 24.03-01.21, 24.03-01.22, 24.03-01.23, 24.03-01.24, 24.03-01.25, 24.03-01.41, 24.03-01.49, 24.03-01.50, 24.03-01.56, 24.03-01.57, 24.03-01.58, 24.03-01.66, 24.03-01.67, 24.03-01.68, 24.03-01.69, 24.03-01.78,**

24.03-01.79, 24.03-01.80, 24.03-01.86, 24.03-01.87,
 24.03-01.88, 24.03-01.96, 24.03-01.97, 24.03-01.98,
 24.03-01.131, 24.03-01.132, 24.03-01.133, 24.03-01.134,
 24.03-01.135, 24.03-01.139, 24.03-01.140, 24.03-01.141,
 24.03-01.143, 24.03-01.151, 24.03-01.155, 24.03-01.156,
 24.03-01.157, 24.03-01.158, 24.03-01.159, 24.03-01.160,
 24.03-01.165, 24.03-01.166, 24.03-01.167, 24.03-01.168,
 24.03-01.173, 24.03-01.174, 24.03-01.175, 24.03-01.176,
 24.03-01.179, 24.03-01.184, 24.03-01.188, 24.03-01.189,
 24.03-01.190, 24.03-01.191, 24.03-01.192, 24.03-01.193,
 24.03-01.194, 24.03-01.195, 24.03-01.196, 24.03-01.197,
 24.03-01.198, 24.03-01.199, 24.03-01.200, 24.03-01.207,
 24.03-01.208, 24.03-01.218, 24.03-01.219, 24.03-01.220,
 24.03-01.224, 24.03-01.225, 24.03-01.226, 24.03-01.227,
 24.03-01.228, 24.03-01.229, 24.03-01.230, 24.03-01.231,
 24.03-01.242, 24.03-01.243, 24.03-01.244, 24.03-01.253,
 24.03-01.254, 24.03-01.255, 24.03-01.256, 24.03-01.257,
 24.03-01.258, 24.03-01.259, 24.03-01.260, 24.03-01.261,
 24.03-01.262, 24.03-01.263, 24.03-01.264, 24.03-01.271,
 24.03-01.272, 24.03-01.273, 24.03-01.274, 24.03-01.275,
 24.03-01.277, 24.03-01.280, 24.03-01.281, 24.03-01.283,
 24.03-01.286, 24.03-01.287, 24.03-01.288, 24.03-01.289,
 24.03-01.295, 24.03-01.303, 24.03-01.304, 24.03-01.310,

24.03-01.312, 24.03-01.313, 24.03-01.314, 24.03-01.324,
 24.03-01.325, 24.03-01.326, 24.03-01.327, 24.03-01.328,
 24.03-01.329, 24.03-01.330, 24.03-01.331, 24.03-01.332,
 24.03-01.336, 24.03-01.342, 24.03-01.348, 24.03-01.369,
 24.03-01.370, 24.03-01.371, 24.03-01.373, 24.03-01.374,
 24.03-01.375, 24.03-01.376, 24.03-01.377, 24.03-01.378,
 24.03-01.379, 24.03-01.380, 24.03-01.381, 24.03-01.384,
 24.03-01.385, 24.03-01.386, 24.03-01.387, 24.03-01.388,
 24.03-01.389, 24.03-01.391, 24.03-01.392, 24.03-01.393,
 24.03-01.394, 24.03-01.395, 24.03-01.396, 24.03-01.397,
 24.03-01.398, 24.03-01.399, 24.03-01.400, 24.03-01.401,
 24.03-01.402, 24.03-01.403, 24.03-01.410, 24.03-01.413,
 24.03-01.414, 24.03-01.415, 24.03-01.416, 24.03-01.417,
 24.03-01.418, 24.03-01.419, 24.03-01.422, 24.03-01.423,
 24.03-01.424, 24.03-01.425, 24.03-01.426, 24.03-01.427,
 24.03-01.428, 24.03-01.429, 24.03-01.430, 24.03-01.459,
 24.03-01.460, 24.03-01.461, 24.03-01.462, 24.03-01.463,
 24.03-01.464, 24.03-01.465

Труды Института прикладной астрономии РАН № 67. СПб.: ИПА. 2023 24.03-01.482, 24.03-01.483, 24.03-01.484, 24.03-01.485, 24.03-01.486, 24.03-01.487, 24.03-01.488, 24.03-01.489

Книги

9-я Международная конференция — школа молодых ученых «Волны и вихри в сложных средах». Москва, 05—07 декабря 2018 г. М.: ООО «Премиум-принт». 2018 24.03-01.2К

XXV Международная научно-техническая конференция «проблемы техники и технологий телекоммуникаций» ПТиТТ-2023. Том 1. Казань, 22—24 ноября 2023 г. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2023 24.03-01.8К

Актуальные проблемы прикладной математики и механики. Тезисы докладов X Всероссийской конференции с международным участием, посвященной памяти академика А.Ф. Сидорова и 100-летию Уральского федерального университета. Абрау-Дюрсо, 01—06 сентября 2020 г. Екатеринбург: Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского. 2020 24.03-01.3К

Актуальные проблемы прочности. Материалы XLIX Международной конференции. Часть II. Витебск, 27

сентября—01 октября 2004 г. Витебск: Витебский государственный технологический ун-т. 2004 24.03-01.1К

Материалы XXII Международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСПЭС 2021). Алушта, 04—13 сентября 2021 г. М.: ФГУП МАИ. 2021 24.03-01.5К

Сборник трудов III молодежной всероссийской с международным участием научной конференции, посвященной 20-летию Факультета высоких технологий. Ростов-на-Дону, 20—23 сентября 2021 г. Ростов-на-Дону: ООО «Фонд науки и образования». 2021 24.03-01.4К

Сборник трудов XXXV сессии Российского акустического общества. Москва, 13—17 февраля 2023 г. М.: ООО "Издательство ГЕОС". 2023 24.03-01.7К

Труды Института прикладной астрономии РАН № 67. СПб.: ИПА. 2023 24.03-01.6К

СОДЕРЖАНИЕ

Библиография	24.03-01.1
Персоналии	24.03-01.10
Классические проблемы линейной акустики и теории волн	24.03-01.13
Нелинейная акустика	24.03-01.138
Физическая акустика	24.03-01.154
Акустика океана, гидроакустика	24.03-01.241
Атмосферная и аэроакустика	24.03-01.307
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика	24.03-01.335
Акустическая экология; Шумы и вибрации	24.03-01.347
Акустика помещений; Музыкальная акустика	24.03-01.374
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование	24.03-01.382
Акустика живых систем; Биологическая акустика	24.03-01.385
Физические основы технической акустики	24.03-01.420
Акустика в медицинской практике	24.03-01.457
Акустика в инженерном деле	24.03-01.466
Физика	24.03-01.469
Астрономия	24.03-01.477
Авторский указатель Указатель источников	