

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 2025

Выходит 6 раз в год

Библиография

25.03-01.1К Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, 256 с. ISBN 978-5-9275-1862-3

В сборнике трудов научно-практической конференции «Нелинейная акустика — 50», проходившей в Южном федеральном университете в г. Таганроге 17 декабря 2015 года собраны работы молодых ученых, аспирантов и студентов. Тематика работ соответствует основному направлению работы конференции.

25.03-01.2К Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019. ISBN 978-5-8088-1364-9

Материалы XXII Международной научной конференции отражают современное состояние волновой электроники и ее применение в информационных и телекоммуникационных системах.

25.03-01.3К Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020. ISBN 978-5-8088-1484-4

Материалы XXIII Международной научной конференции отражают современное состояние волновой электроники и ее применение в информационных и телекоммуникационных системах.

25.03-01.4К Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021. ISBN 978-5-8088-1582-7

Материалы XXIV Международной научной конференции отражают современное состояние волновой электроники и ее применение в информационных и телекоммуникационных системах.

25.03-01.5К Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международ-

ной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022. ISBN 978-5-8088-1713-5

Материалы XXV Международной научной конференции отражают современное состояние волновой электроники и ее применение в информационных и телекоммуникационных системах.

25.03-01.6К Моря России: от теории к практике океанологических исследований = Seas of Russia: From theory to practice of oceanological research: тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Севастополь, 25—29 сентября 2023 г. Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ. 2023. ISBN 978-5-6043409-6-7

В сборнике представлены тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Моря России: от теории к практике океанологических исследований». Тематика докладов охватывала следующие вопросы: экспериментальные и теоретические исследования гидродинамических, термохалинных и биогеохимических процессов; современные технологии и методы расчетов основных океанологических параметров в морях и океанах; исследование влияния изменений климата и антропогенного воздействия на состояние морской среды; современные перспективные методы и средства контактных и дистанционных наблюдений; математическое моделирование океанологических процессов; информационно-ресурсное обеспечение океанологических исследований и морехозяйственной деятельности; методы и средства защиты морской среды и обеспечения рационального природопользования; проблемы береговой зоны моря.

25.03-01.7К Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023. ISBN 978-5-8088-1844-6

Материалы XXVI Международной научной конференции отражают современное состояние волновой электроники и ее применение в информационных и телекоммуникационных системах.

25.03-01.8К Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04—06 декабря 2023 года. Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024. ISBN 978-5-6045486-8-4

В сборнике предлагаются научные работы, доклады и лекции, представленные на Международной конференции «Акту-

альные проблемы прикладной математики, информатики и механики», проводимой Воронежским государственным университетом.

25.03-01.9К Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18—24 февраля 2024 года. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, 214 с. ISBN 978-5-19-012089-9

В материалах конференции отражено современное состояние теории гидродинамической устойчивости и турбулентности. Представлены экспериментальные и теоретические работы по прямому численному моделированию турбулентности и по переходу к турбулентности.

25.03-01.10К Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024. ISBN 978-5-7038-6352-7

В сборник вошли доклады студентов и аспирантов различных вузов России и специалистов из ведущих научных и технических организаций, занимающихся вопросами акустики, представленные на IX Всероссийской конференции «Акустика среды обитания», проходившей 23—24 мая 2024 г. в МГТУ им. Н.Э. Баумана. Рассмотрен широкий круг вопросов, посвященных авиационной акустике, методам и средствам измерения шума, расчетам и проектированию средств защиты от шума в жилой застройке и на производстве.

25.03-01.11К Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024. ISBN 978-5-8088-1938-2

Материалы XXVII Международной научной конференции отражают современное состояние волновой электроники и ее применение в информационных и телекоммуникационных системах.

25.03-01.12К Голографическая обработка широкополосных гидроакустических сигналов в неоднородных океанических волноводах. Переселков С.А., Кузькин В.М. 2024, 196 с. ISBN 978-5-9273-3903-7

Учебное пособие содержит краткое изложение методов голографической обработки широкополосных гидроакустических сигналов в неоднородных океанических волноводах.

25.03-01.13К Корреляционная обработка импульсных сигналов в задачах ультразвукового контроля. Бычков А.В., Бычкова И.Ю., Ксенофонтов С.И., Славутский Л.А. Чебоксары: Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева. 2024, 226 с. ISBN 978-5-88297-773-2

В монографии рассматриваются три класса задач, которые решаются методами ультразвукового импульсного зондирования. Описываются авторские методики обработки импульсных ультразвуковых сигналов для измерения скорости газовых потоков в условиях турбулентности, измерения уровня сыпучих и жидких сред в условиях волнения поверхности и контро-

ля состояния колеблющихся поверхностей в задачах вибрационной диагностики. Ключевые слова: ультразвук, обработка сигналов, контрольно-измерительная аппаратура, расходомерия, виброконтроль.

25.03-01.14К Российская академия наук в 300-летней истории становления гидрофизики и океанологии в Санкт-Петербурге—Ленинграде. Родионов А.А., Вольцингер Н.Е., Гольмиток А.Я., Дворников А.Ю., Зимин А.В., Каган Б.А., Малова Т.И., Родионов М.А., Романенков Д.А., Рябченко В.А., Чаликов Д.В., Лобанов А.А., Вахмутов В.Ю., Жильцов Н.Н., Исмаилов А.И., Попов А.Н., Пучнин В.В., Ставров К.Г., Шарков А.М. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2024, 108 с. ISBN 978-5-7422-8413-0

В книге освещены основные вехи развития гидрофизических и океанологических исследований в Санкт-Петербурге с момента основания Академии наук в 1724 г. до современного этапа, на котором усилиями сотрудников Санкт-Петербургского филиала Института океанологии имени П.П. Ширшова Российской академии наук получены основополагающие результаты по таким направлениям, как пограничные слои атмосферы и океана, поверхностное волнение, океанские приливы, биогеохимические циклы, моделирование динамики морских и пресных бассейнов с детальным воспроизведением их химико-биологического режима и др. Представлены этапы взаимодействия ученых-океанологов с Морским ведомством в целях решения стратегических задач различной направленности. Книга приурочена к празднованию 300-летия Российской академии наук и может быть рекомендована как широкому кругу читателей, так и специалистам в области океанологии и других естественных наук.

25.03-01.15К Методы и средства оптического контроля полимерных композитных материалов и конструкций волоконно-оптическими датчиками. Федотов М.Ю. М.: Издательский дом «СПЕКТР». 2024, 208 с. ISBN ISBN 978-5-4442-0191-6

В монографии представлены теоретические, методические и технологические аспекты создания систем оптической диагностики полимерных композитных материалов и конструкций на их основе с помощью волоконно-оптических чувствительных элементов, сделана попытка обобщить методический подход к созданию эффективных систем диагностики по фактическому состоянию с учетом мирового опыта и авторских результатов экспериментальных исследований и разработок. Системы оптической диагностики полимерных композитных материалов и конструкций находят широкое применение в различных отраслях промышленности: транспортной (самолетостроение, вертолетостроение, ракетно-космическая техника, автомобилестроение, судостроение, железнодорожный транспорт), строительной (композитные несущие конструкции, системы внешнего армирования автомобильных и железнодорожных мостов, промышленных, административных зданий и сооружений), энергетике, в том числе на объектах ядерной энергетики, и иных. Монография предназначена для научных работников и инженеров, профессиональные интересы которых связаны с разработкой методов и средств неразрушающего контроля, проектированием, производством, испытаниями и эксплуатацией конструкций из полимерных композитных материалов.

Персоналии

25.03-01.16 Нелинейная акустика. Основные достижения кафедры. Тимошенко В.И. *Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50* Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 9-13. Рус.

Дается ретроспективный анализ основных достижений кафедры электрогидроакустической и медицинской техники Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета за 50 лет в области нелиней-

ной акустики. Приводятся наиболее значимые и взаимозависимые научные, технические и организационные показатели. Ключевые слова: нелинейная акустика, взаимодействие волн и сигналов, гидродинамическое взаимодействие частиц, параметрическая антенна, акустическая коагуляция, осаждение аэрозолей.

25.03-01.17 Организация и развитие аэроакустических исследований в Московском комплексе ЦАГИ. Копьев В.Ф. *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специа-*

листов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 5–13. Рус.

Одно из главных направлений деятельности коллектива аэроакустиков ЦАГИ, наряду с разработкой методов и средств снижения шума летательного аппарата (ЛА), состоит в построении адекватных математических, численных и физических моделей отдельных явлений, составляющих проблему шума летательных аппаратов в целом, во многом связанную с решением фундаментальной проблемы генерации шума турбулентными течениями. Несмотря на то, что эта задача была поставлена несколько десятилетий назад, и имеются значительные успехи, она до сих пор не решена до конца. Трудности связаны не только с нерешенностью проблемы самой турбулентности, но и с тем фактом, что лишь только малая часть энергии турбулентных пульсаций уходит в звуковое излучение. Обеспечение акустического комфорта в пассажирском салоне и кабине экипажа также немислимо без ясного понимания природы источников шума. По мере снижения шума и вибраций силовой установки увеличивается удельный вклад в шум в салоне пристеночных пульсаций давления. Особенно существенным это вклад становится на крейсерском режиме полета. На пути решения этих проблем за последнее время получены важные результаты, которые основаны как на глубоком теоретическом анализе случайных полей турбулентных пульсаций, так и на современных методах измерений акустических характеристик течений. В докладе рассказано о зарождении этого научного направления в ЦАГИ и его развитии в последние годы. Особое внимание уделено развитию экспериментальной базы отделения, являющейся наряду с численным моделированием основой разработки новых технологий снижения шума.

25.03-01.18 Памяти Александра Сергеевича Илюшина. Грачев В.И. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2021. 13, № 2, с. 221–224. Рус.

Представлена информация об ушедшем из жизни Александре Сергеевиче Илюшине — докторе физико-математических наук, профессоре, заведующем кафедрой физики твердого тела физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, заслуженном профессоре МГУ им. Ломоносова, действительном члене Российской академии естественных наук, известном специалисте в области структурной физики твердого тела: основные биографические данные, обучение на физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, аспирантура и работа на физфаке МГУ, защита кандидатской и докторской диссертаций, авторство сотен научных работ, десятков монографий и учебников, педагогическая деятельность, руководство кафедрой ФТГ физфака МГУ, членство в ученых советах физфака, участие и организация российских и международных конференций, редакторство в научных журналах, создание и руководство музеем истории физфака МГУ, членство в Российской академии естественных наук, руководство ее Отделением, создание и руководство Союзом филателистов России, участие и организация российских и международных филателистических выставок и конференций.

25.03-01.19 Козарь Анатолий Викторович (к 75-летию со дня рождения). Грачев В.И. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2022. 14, № 1, с. 97–98. Рус.

Представлена информация об Анатолии Викторовиче Козаре — докторе физико-математических наук, профессоре кафедры фотоники и физики микроволн физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, действительном члене Российской академии естественных наук, известном специалисте в области радиофизики, оптики и физики конденсированных сред: основные биографические данные, обучение на физическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова, работа на физфаке МГУ, защита кандидатской и докторской (физико-математических наук) диссертаций, авторство более 150 научных работ в научных журналах, членство в ученых советах, участие и организация российских и международных конференций и семинаров, редакторство в научных журналах, руководство дипломниками, докторскими и кандидатскими диссертациями.

25.03-01.20 Участие советских учёных в гидрофи-

зических исследованиях, проводимых в рамках мероприятий Международного геофизического года (1957–1958 гг.) Гршин М.Г., Собисевич А.В. Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2025. 18, № 1, с. 106–120. Рус.

Международный геофизический год, проводившийся в 1957–1958 гг., стал важным мероприятием для проведения гидрофизических наблюдений Мирового океана. Успешное участие советских учёных в его мероприятиях стало возможным благодаря государственной поддержке научно-исследовательских институтов, экспедициям научно-исследовательских судов, закупке и производству необходимого оборудования. Наибольший вклад внесли применяемые в исследованиях НИС «Михаил Ломоносов» и «Витязь». Были уточнены структура океанических течений, причины возникновения цунами и другие вопросы морской гидрофизики. Важным было также то, что советские учёные привлекали к исследованиям учёных из стран Совета экономической взаимопомощи и других дружественных стран.

25.03-01.21 Систематизация научных школ на основе кластерного анализа публикаций. Денисов И.В., Седова Н.А., Седов В.А., Бабешко М.В., Волонская Е.В. Радиотехника. 2025. 89, № 2, с. 47–55. Рус.

Постановка проблемы. Несмотря на то, что вопросами исследований и разработки перспективных технологий построения волоконно-оптических датчиков (ВОД) для их применения в территориально-распределенных системах охраны (ТРСО) в России занимаются многие коллективы, информация о том, кто именно и в каких научных коллективах занимается этим, отсутствует. С задачей системного анализа предметной области знаний на определенном этапе научно-исследовательских работ (НИР) сталкиваются все специалисты, особенно выпускники вузов, аспиранты и научные работники вначале исследования. Цель. Разработать комплексный метод системного исследования научных школ на основе кластерного анализа научных публикаций и выявления научных сообществ, занимающихся этими научными тематиками, и провести его апробацию на области знаний, посвященной вопросам перспективных технологий построения ВОД для ТРСО. Результаты. Представлен трехуровневый метод систематизации научных знаний по выбранному направлению, позволяющий на основе двухэтапной кластеризации научных публикаций из открытого информационного ресурса (российской научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU) провести полный анализ научных школ, сформировав все необходимые сведения по предметной области. Сформированы необходимые для проведения кластерного анализа множества метаданных на базе анализа аннотаций, открытых текстов и ключевых слов научных публикаций из выбранного ресурса с учетом морфологии. Продемонстрирована работоспособность нового трехуровневого метода системного исследования научных школ путем апробации двухэтапного кластерного анализа на направление ВОД. Намечены перспективы его дальнейшего развития. Практическая значимость. Новый перспективный метод позволяет последовательно провести кластерный анализ публикаций, а также выявить научные школы и вопросы исследований по направлению ВОД для ТРСО.

25.03-01.22 Акустическому журналу — 70 лет. Есипов И.Б. Акустический журнал. 2025. 71, № 1, с. 3–5. Рус.

70 лет тому назад в 1955 г. вышел в свет первый номер Акустического журнала. Отмечая 70-летие журнала, редколлегия выражает уверенность, что Акустический журнал и дальше будет играть важную роль в развитии науки в нашей стране.

25.03-01.23 Специальный выпуск, посвященный 100-летию со дня рождения В.А. Зверева. “Некоторые современные проблемы акустики и акустической диагностики”. Есипов И.Б., Гурбатов С.Н., Малезанов А.И., Петников В.Г. Акустический журнал. 2025. 71, № 1, с. 6–7. Рус.

Настоящий выпуск посвящен значительному для акустического сообщества страны событию — 100-летию со дня рождения выдающегося российского ученого в области акустики, лауреата Государственной премии СССР, члена-корреспондента РАН Виталия Анатольевича Зверева (02.11.1924—06.03.2024 гг.).

25.03-01.24 К истории параметрических акустических антенн. *Островский Л.А.* *Акустический журнал*. 2025. 71, № 1, с. 34-38. Рус.

Кратко обсуждаются нетривиальные моменты, связанные с изобретением, теорией и применениями излучающих и приемных "параметрических" акустических антенн в СССР и США. Ключевые слова: параметрические антенны, нелинейная акустика DOI: 10.31857/S0320791925010044,

25.03-01.25 Физика фундаментальных взаимодействий (Сессия-конференция секции ядерной физики Отделения физических наук Российской академии наук, посвящённая 70-летию В.А. Рубакова (Президиум РАН, 17—21 февраля 2025 г.)). *УФН*. 2025. 195, № 2, с. 113-115. Рус.

С 17 по 21 февраля 2025 года в здании Президиума Российской академии наук (РАН, г. Москва, Ленинский проспект, 32А) состоится научная сессия-конференция Секции ядерной физики Отделения физических наук (ОФН) РАН "Физика фундаментальных взаимодействий посвящённая памяти выдающегося всемирно известного российского физика-теоретика, академика РАН Валерия Анатольевича Рубакова.

25.03-01.26 Памяти Евгения Павловича Велихова.

Бетелин В.В., Дьякова Ю.А., Ильгисонис В.И., Кведер В.В., Ковальчук М.В., Красников Г.Я., Матвеев В.А., Нарайкин О.С., Панченко В.Я., Пармон В.Н., Руденко А.И., Садовничий В.А. *УФН*. 2025. 195, № 2, с. 219-220. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2025.01.039856>.

25.03-01.27 270 лет Московскому государственному университету (МГУ) имени М.В. Ломоносова. *Садовничий В.А.* *УФН*. 2025. 195, № 4, с. 1. Рус.

25.03-01.28 Физика в Московском университете. *Белокурова В.В., Фориш П.А.* *УФН*. 2025. 195, № 4, с. 353-343. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2025.03.039880>.

25.03-01.29 Сергей Аполлонович Никитов (к 70-летию со дня рождения). *Гуляев Ю.В., Зелёный Л.М., Кведер В.В., Кузнецов Н.А., Лагарьков А.Н., Орлов О.И., Панченко В.Я., Руденко О.В., Сауров А.Н., Сигов А.С., Устинов В.В.* *УФН*. 2025. 195, № 4, с. 451-452. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2025.03.039894>.

См. также **25.03-01.14К**

Классические проблемы линейной акустики и теории волн

Математическая теория распространения волн

25.03-01.30 Численное моделирование аэроакустических характеристик дозвуковой горячей струи. *Петров А.Г., Копьев В.Ф., Фараносов Г.А.* *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 313-320. Рус.*

С целью предварительной оценки особенностей характеристик горячих струй в рамках настоящей работы было проведено численное моделирование дозвуковой горячей струи. Расчет проведен методом моделирования крупных вихрей (LES) на базе схемы КАБАРЕ. Анализ спектров шума в дальнем поле показал их специфическое отличие от спектров холодной струи с аналогичной скоростью истечения, что указывает на проявление новых (по отношению к холодной струе) механизмов генерации шума при нагреве потока.

25.03-01.31 Эффективный метод построения амплитудно-частотных характеристик оболочки. *Юдин А.С.* *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2022, № 4-1, с. 65-74. Рус.

Используются уравнения типа Тимошенко, учитывающие поперечный сдвиг. Оболочка обладает свойствами конструктивной анизотропии. Рассматриваются вынужденные колебания в диапазоне частот, включающем первые существенные низкочастотные резонансы. Внутреннее рассеяние колебательной энергии учитывается по методу комплексных амплитуд. Исследуется влияние ряда параметров на амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) входных податливостей. Используется полуаналитический способ построения решения. В случае свободно опертой на торцах цилиндрической оболочки применяются ряды Фурье по двум координатам. Задача на вынужденные колебания решается разложением амплитуд перемещений по собственным формам колебаний. При этом обеспечивается разделение уравнений для определения коэффициентов по номерам гармоник. Алгоритм на этой базе позволяет быстро строить необходимые для анализа АЧХ. Такая модель позволяет построить решение практически в аналитическом виде и ввести параметр частоты в коэффициенты решения в качестве независимого аргумента. Это дает возможность строить АЧХ как функции частоты за секунды и быстро оценивать влияние ряда параметров: жёсткостей, коэффициентов потерь, коэффици-

циента Пуассона, контакта с акустической средой. Кроме того, цилиндрические оболочки широко используются в составных конструкциях. Поэтому при возбуждении колебаний на таких участках результаты применимы и для составных конструкций для частот, на которых происходит локализация колебаний в пределах секции. Реализованный метод выдаёт результаты практически мгновенно. Представленный подход эффективен при многовариантном анализе влияния параметров конструкции на её виброактивность при вынужденных колебаниях. Метод также полезен при тестировании сложных расчётных комплексов программ.

25.03-01.32 Эффекты фокусировки при отражении волн от внутренней границы эллипса. *Сумбатян М.А., Боев Н.В., Харитонов В.С.* *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2025, № 1, с. 40-50. Рус.

Математическое исследование явления фокусировки волн при отражении от 2D-криволинейных отражателей проведено в рамках геометрической теории дифракции на основе физической теории дифракции Кирхгофа. Получен явный вид главного члена разложения давления в отраженной акустической волне. На примере вогнутого эллиптического отражателя установлено, что в случае определенного взаимного расположения источника и приемника волн появляются сингулярные эффекты фокусировки, которые приводят к тому, что амплитуда отраженной волны может иметь различный порядок роста с ростом частоты. В каждом из установленных случаев получен в явном виде главный член асимптотического разложения давления в отраженной волне. Асимптотические результаты сопоставлены с результатами прямых численных расчетов дифракционных интегралов.

Лучевая акустика

См. **25.03-01.32**

Отражение, дифракция и рефракция волн

25.03-01.33 Особенности построения глобальной матрицы жёсткости при использовании метода конечных элементов для решения задач дифракции акустических волн. *Бирюков Д.Р.* *Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04—06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1248-1253. Рус.

Рассматривается задача дифракции акустической волны в общей постановке и метод конечных элементов как способ её решения. Особое внимание уделено отличительным особенностям алгоритма применения метод конечных элементов для решения задачи дифракции по сравнению с аналогичным алгоритмом для решения задач механики деформируемого твёрдого тела. Описана математическая модель дифракции звуковой волны на упругих телах, расположенных в идеальной жидкости, включая входящие в неё уравнения и граничные условия. Описан процесс дискретизации области: предложено разделить пространство на две зоны, одна из которых подвергается дискретизации, в то время как в другой неизвестные величины представляются аналитическими формулами. Описано построение локальных матриц элементов.

25.03-01.34 Отражение звука от упругой конечной цилиндрической оболочки различной относительной длины. *Ильменков С.Л., Пересёлков С.А., Грачев В.И., Ладькин Н.В. Радиозлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2023. 15, № 4, с. 425-432. Рус.

Представлен расчет частотных зависимостей звукового давления, рассеянного конечной упругой цилиндрической оболочкой, помещенной в жидкую среду. Оболочка имеет оконечности полусферической формы и рассматривается как полый, так и заполненной газом или жидкостью. Рассеянное звуковое давление в условиях гидроупругого контакта на поверхностях оболочки находится совместным использованием интеграла Кирхгофа и интегрального уравнения для вектора смещения упругой среды, подчиняющегося уравнению Ламе. Граничные условия относительно напряжений и смещений формулируются для каждой из поверхностей контакта оболочки с внешней и внутренней средами. Рассматриваемый подход базируется на численном преобразовании непрерывных интегральных уравнений в систему линейных алгебраических уравнений с использованием криволинейных изопараметрических граничных элементов. При этом геометрия элементов и основные переменные (смещения и напряжения) задаются с помощью одинаковых интерполирующих соотношений (функций формы). Вычислены и проанализированы частотные зависимости рассеянного звукового давления для различных отношений длины и диаметра оболочки.

См. также **25.03-01.32**

Рассеяние акустических волн

25.03-01.35 Рассеяние плоской звуковой волны абсолютно жестким телом, задаваемым полигональной сеткой. *Лепетков Д.Р. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04—06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1103-1107. Рус.

Рассматривается задача расчета рассеяния плоской звуковой волны абсолютно жестким трехмерным телом, поверхность которого задается полигональной сеткой (мешем), на основе метода граничных элементов. Данный метод изучался разными авторами. Однако, часто они ограничивались относительно простыми поверхностями, например, симметричными относительно координатных плоскостей. Приводится подход, лишенный этих ограничений. Также дается вывод известного аналитического решения для случая шара из граничного интегрального уравнения и сферического разложения Джексона функции Грина. Этот вывод использовался для валидации предложенного численного решения.

25.03-01.36 Идентификация направления оси конечного цилиндра со сферическими заглушками по рассеянию плоской звуковой волны. *Скобельцын С.А., Окороков М.В. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04—06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1176-1182. Рус.

Представлено решение задачи определения направления оси конечного упругого цилиндра по рассеянному акустическому полю. Предполагается, что цилиндр имеет сферические заглушки, а его материал является однородной упругой сре-

дой. Цилиндр погружен в идеальную жидкость. Положение геометрического центра цилиндра фиксировано, а ориентацию оси требуется определить по измерениям акустического давления при рассеянии цилиндром плоской гармонической звуковой волны. Решение задачи дифракции проводится на основе граничных интегральных уравнений. Вычисление интегралов при определении давления в рассеянном поле выполняется с использованием квадратур на основе теоретико-числовых сеток. Идентификация угловых параметров направления оси цилиндра выполняется на основе минимизации отклонения наблюдаемого давления от расчетного.

25.03-01.37 О рассеянии цилиндрического нестационарного акустического импульса на абсолютно твёрдом цилиндре с упругим неоднородным покрытием. *Белкин А.Э. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04—06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1241-1247. Рус.

Рассматривается задача дифракции цилиндрического нестационарного звукового импульса на твёрдом цилиндре с упругим неоднородным покрытием, окружённого идеальной жидкостью. Постановка задачи включает волновое уравнение, общие уравнения движения сплошной среды и закон Гука, дополненные граничными условиями контакта на поверхностях покрытия. Метод решения задачи состоит в применении интегрального преобразования Лапласа по времени ко всем уравнениям и граничным условиям. Неизвестные величины ищутся в виде разложений по модифицированным цилиндрическим функциям. Для отыскания коэффициентов данных разложений строится краевая задача для системы дифференциальных уравнений. Рассеянное поле по изображению давления рассеянной волны может быть определено посредством применения обратного преобразования Лапласа.

25.03-01.38 Решение задачи рассеяния плоской звуковой волны абсолютно жестким телом сложной формы на основе регуляризованного уравнения Бертона—Миллера. *Лепетков Д.Р. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 255-264. Рус.*

Изучается задача рассеяния плоской звуковой волны на абсолютно жестком теле. На практике представляет интерес тело, поверхность которого задана полигональной сеткой (трехмерным треугольным мешем). Для численного решения задачи применяется регуляризованное интегральное граничное уравнение Бертона—Миллера. Оно дискретизируется методом колокаций и сводится к решению линейной системы уравнений. Данный подход активно применяется к САД-поверхностям, случай неструктурированных сеток менее изучен. Для валидации метода и доказательства необходимости применения уравнения Бертона—Миллера в противовес стандартной постановке для случая шара аналитическое решение выведено напрямую из уравнения Бертона—Миллера. Приведены результаты для разных сеток.

Упругие волны в твердых телах

25.03-01.39 Среднее поле волны, распространяющейся в среде со случайным упругим модулем. *Смирнов С.А. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04—06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1183-1188. Рус.

Рассматривается задача о распространении одномерных волн в средах со случайными упругими характеристиками. В качестве случайного параметра упругой среды рассматривается ее модуль Юнга. В статье сопоставляются различные аналитические подходы к исследованию данной задачи. Используются методы корреляционной теории случайных функций и методы теории непрерывных марковских процессов. С помощью представленных методов получены выражения для нахождения среднего поля случайной волны. В качестве граничных условий в работе рассматриваются граничные условия Дирихле. Было установлено, что с ростом пространственной координаты

наты достоверная информация об амплитуде волны снижается и стремится к нулю.

Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

25.03-01.40 Устойчивость стоячих уединенных волн в мембранной трубке с локализованной неоднородностью стенок, заполненной жидкостью с непостоянным профилем скорости. *Ильичев А.Т., Шаргатов В.А. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентности. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 96. Рус.*

25.03-01.41 Особенности распространения акустических волн в узких трубках переменного сечения с учетом присоединенной массы. *Комаровский К.О., Гусев В.А. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 211-217. Рус.*

Рассмотрены явления, возникающие при распространении акустических волн в узких трубках переменного сечения. Задан закон изменения поперечного сечения трубки специального вида. Исследован режим туннелирования волны через сужение узкой трубки, описываемой данным законом. Учтено влияние присоединенной массы на границах области сужения трубки. Построены частотные зависимости коэффициента прохождения волны по энергии, а также показаны отличия этих коэффициентов через трубку с присоединенной массой и без нее.

25.03-01.42 Обнаружение шумового сигнала в океаническом волноводе горизонтальной антенной. *Кузькин В.М., Персёлов С.А., Матвиенко Ю.В., Ткаченко С.А., Просовецкий Д.Ю. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2022. 14, № 1, с. 65-72. Рус.*

Описана интерферометрическая обработка гидроакустической информации с применением горизонтальной линейной антенны. На основе критерия Неймана—Пирсона рассмотрено обнаружение сигнала шумового источника. Получены выражения для вероятности правильного обнаружения и ложной тревоги в зависимости от отношения сигнал/помеха и числа элементов антенны. Выполнены численные расчеты. Приведены кривые обнаружения шумового сигнала. Оценена эффективность обнаружения сигнала с использованием антенны по отношению к одиночному приемнику.

Излучение источников, импеданс, картины полей

25.03-01.43 Аэротермическое усиление звука в трубе Рийке. *Давыдов Д.А., Гончар Э.В., Нерук В.Ю., Тимошенко В.И. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 101-105. Рус.*

Изучено явление аэротермического усиления звука в трубе Рийке. Модернизирован экспериментальный лабораторный стенд. Исследована зависимость положительной обратной связи от размеров отверстия.

25.03-01.44 Порог генерации, интенсивности и инерционности звука в трубе Рийке. *Нерук В.Ю., Давыдов Д.А., Гончар Э.В. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 178-182. Рус.*

Изучено явление порогости, интенсивности и инерционности звука в трубе Рийке. Модифицирована лабораторная установка по изучению генерации звука (эффекта Рийке). Получены качественные параметры стенда и занесены в таблицу.

См. также **25.03-01.30**

Численные методы, компьютерное моделирование

25.03-01.45 Исследование акустического поля, рассеянного конечной неоднородной упругой цилиндрической оболочкой, расположенной вблизи плоской поверхности, с использованием теоретико-числовых методов. *Ефимов Д.Ю. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04–06 декабря 2023 года. Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1068-1074. Рус.*

Получено аналитическое решение задачи рассеяния звуковых волн неоднородной изотропной упругой толстостенной цилиндрической оболочкой конечной длины, расположенной вблизи плоскости. Для рассеянного поля используется представление в виде интеграла Гельмгольца—Кирхгофа. Это приводит к необходимости численной оценки многомерных интегралов. Показано, что использование квадратурных формул на основе сетки Смоляка позволяет сократить число вычислений при приближенном вычислении интегралов. Этот метод сравнивается с вычислением интегралов методом трапеций, который имеет тот же порядок точности. Приведены результаты численных расчетов, показывающие возможность изменения звукоотражающих свойств рассеивателя при помощи неоднородного покрытия.

25.03-01.46 К исследованию влияния дефекта покрытия на поверхностный волновой процесс. *Колесников М.Н., Павлова А.В., Телятников И.С. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2022, № 4-1, с. 29-41. Рус.*

Представлен аналитико-численный факторизационный метод исследования взаимодействия пластин покрытия в области контакта на прямолинейном разломе. Новые аналитические представления решения задачи, позволяющие оценить поведение поверхности среды, получены с использованием в качестве инструмента метода собственных функций и метода блочного элемента. Проведен расчет волнового поля на поверхности однородного упругого слоя с защемленной нижней гранью и составным покрытием при варьировании физико-механических характеристик пластин и подложки. Проиллюстрированы результаты численной реализации разработанного алгоритма, приведено краткое обсуждение влияния граничных условий на разломе, а также физико-механических свойств неоднородного покрытия и подложки на волновое поле, формируемое под воздействием вертикального локализованного поверхностного источника. Ключевые слова: пластина Кирхгофа, слой с покрытием, вибрация, прямолинейный разлом, метод собственных функций, факторизация.

25.03-01.47 Математическая модель в задаче идентификации формы летательного аппарата по диаграмме рассеяния звукового поля. *Мусатова Н.К. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2024, № 3, с. 15-24. Рус.*

Строится математическая модель для обратной задачи восстановления формы и размера простейшей модели беспилотного летательного аппарата на основе акустического следа, который он оставляет. В целях упрощения расчетов в качестве возможных моделей исследуемых объектов для численных экспериментов выбраны четыре простейшие двумерные геометрические формы — окружность, эллипс, квадрат и четырехлепестная роза. Входные данные — диаграммы рассеяния звукового поля для каждого исследуемого контура, взятые из решения прямой задачи дифракции. Строится функционал невязки в виде разности между истинными данными о рассеянном звуковом поле, известными из условия задачи и полученными полуаналитическим методом с помощью использования метода граничных интегральных уравнений и интегрального уравнения Фредгольма второго рода при решении прямой задачи дифракции. Минимизация данного функционала приводит к решению обратной задачи дифракции. После дискретизации граничной кривой задача сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений, из которой находится функция, численно описывающая форму объекта.

25.03-01.48 Численное исследование низкоскорост-

ного столкновения стального шара с ледяной плитой. **Халид В., Голубев В.И., Гусева Е.К.** *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 2, с. 291-296. Рус.

Рассматривается процесс динамического деформирования при низкоскоростном столкновении деформируемых твердых тел. Полная трёхмерная контактная задача численно решена в проблемно-ориентированном программном комплексе ABAQUS, основанном на явном конечно-элементном методе на структурных расчётных сетках. Применены две основные механико-механические модели — линейная изотропная упругая и упругопластическая. Полученные результаты моделирования продемонстрировали возможность воспроизведения результатов лабораторных экспериментов, доступных в открытой литературе, для различных скоростей столкновения. Понимание процесса деформирования льда востребовано в ряде прикладных задач, например, для оценки влияния ударов льда по крылья самолётов и фильтрации переотражённых от контактной границы лёд-вода паразитных волн, возникающих в процессе проведения сейсмической разведки в Арктическом регионе.

25.03-01.49 Локализация движущегося шумового источника в мелководной акватории с нерегулярной батиметрией. **Кузькин В.М., Переселков С.А., Грачев В.И., Косенко И.М., Ладыхин Н.В., Переселков А.С.** *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 8, с. 1081-1088. Рус.

Приведены результаты численного эксперимента по восстановлению параметров движущегося подводного шумового источника в мелководной акватории с нерегулярной батиметрией в форме берегового клина. Решение задачи локализации источника выполнено на основе голографической обработки шумовых сигналов. Рассмотрен случай горизонтальной рефракции мод звукового поля. В качестве приемной системы использован одиночный векторно-скалярный приемник.

25.03-01.50 Численное моделирование нелинейной стадии ламинарно-турбулентного перехода в сверхзвуковом пограничном слое при наличии акустических возмущений. **Егоров И.В., Пальчиковская Н.В.** *Инженерно-физический журнал.* 2025. 98, № 1, с. 214-217. Рус.

Рассматривается возбуждение и развитие первой моды неустойчивости на пластине при числе Маха набегающего потока $M=3$, температуре стенки, близкой к адиабатической, и числе Рейнольдса $Re_{\infty}=2 \cdot 10^7$. На основе прямого численного моделирования получены значения коэффициентов восприимчивости и критических амплитуд продольной компоненты пульсаций вектора скорости течения в сверхзвуковом пограничном слое на плоской пластине при углах атаки 0 и 5° .

25.03-01.51 Трёхмерная фазо-разрешающая модель поверхностных волн для конечной глубины. **Фокина К.В.** *Фундаментальная и прикладная гидродинамика.* 2025. 18, № 1, с. 19-30. Рус.

Статья посвящена модификации трёхмерной фазо-разрешающей модели FWM (Full Wave Model) потенциальных волн (изначально сформулированной для моделирования волн в глубоководных условиях) для моделирования волн на конечной глубине, а также оценке области применимости предложенной модели. Проведены численные эксперименты для квазистационарного волнового режима по результатам которых рассчитывается дисперсионное соотношение для волн на конечной глубине, заданных в начальных условиях спектром JONSWAP. Расчёты проводились для двух вариантов разрешения: однонаправленные и разнонаправленные волны, а также для различных безразмерных значений глубины. На основе рассчитанных статистических характеристик показано совпадение теоретических и модельных расчётов дисперсионного соотношения с удовлетворительной точностью, что позволяет сделать вывод о корректности работы модели в условиях конечности глубины для рассматриваемого случая квазистационарного режима. Предложенная модификация модели применима для моделирования динамики многомодового волнового поля для глубины не меньше, чем $0,1$ длины волны пика спектра, что значительно расширяет область применения модели FWM. Ключевые слова: ветровые волны, фазо-разрешающее модели-

рование, конечная глубина, фазовая скорость, дисперсионное соотношение, трёхмерное моделирование волн.

Методы измерений и инструменты

25.03-01.52 Методы нелинейной акустики в экологии и медицине. **Чернов Н.Н.** *Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 14-21. Рус.

Рассмотрены нелинейные процессы в мощных акустических полях, применяемых при акустическом осаждении наноразмерных и микронных промышленных аэрозолей и в медицинской хирургической практике. Показано, что в акустическом поле происходит взаимное влияние гидродинамических полей обтекания тонкодисперсных частиц промышленных аэрозолей, приводящее к их интенсивной коагуляции, что позволяет повысить эффективность их осаждения промышленными схемами улавливания частиц. Рассмотрены механизмы разрушения тканей в высокоинтенсивных акустических полях.

25.03-01.53 Многомодовые акустические сенсоры и сенсорные решетки. **Анисимкин В.И.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 66-72. Рус.

Описан новый подход к разработке акустических датчиков газов и жидкостей. Показано, что выбором типа, количества и сенсорных свойств акустических волн, детектирующих среду, примыкающую к звуководу, можно сформировать требуемую совокупность акустических откликов и селективно измерить сразу несколько физических параметров жидкостной/газовой среды и/или химического/биологического процесса. Подход демонстрируется на примерах: i) решетки акустических датчиков, интегрированных на одной подложке с единственной чувствительной пленкой для каждого из них; ii) акустическом детекторе физических свойств тонких пленок при адсорбции и десорбции газов; iii) акустическом анализаторе микрокапель летучих соединений, iv) селективном датчике температуры жидких сред; v) акусторезистивном сенсоре, усиливающем термокондуктометрических эффект.

25.03-01.54 Быстродействующий ключ для пьезоэлектрических СВЧ генераторов. **Астапенко Д.В., Ложников А.О., Карагузов В.И.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 73-76. Рус.

Рассмотрены возможности переключения выходного сигнала СВЧ генераторов без прерывания автоколебательного контура за счет использования ключей на пин-диодах. Исследованы способы уменьшения времени включения/выключения, изменением схемы ключа.

25.03-01.55 Технология поверхностных акустических волн: ближайшие перспективы. **Багдасарян А.С., Гуляев Ю.В., Доберштейн С.А., Синицына Т.В.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 77-85. Рус.

Представлены ближайшие перспективы развития технологии ПАВ по повышению рабочих частот, снижению потерь и размеров, улучшению температурной стабильности, увеличению входной мощности и созданию интеллектуальных устройств на ПАВ с новыми возможностями.

См. также **25.03-01.34**

Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

25.03-01.56 Моделирование движения протеза руки с использованием нечеткой схемы вывода. *Хамидулина А.К., Боженов В.А. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 248-253. Рус.

Ставится задача управления протезом кисти. Для решения поставленной задачи предлагается модель принятия решения на основе нечеткого правила *modus ponens*. Проводится анализ и преобразование входных данных для применения предложенной модели. Ключевые слова: электромиограмма, протез руки, нечеткий вывод, *modus ponens*, дефазификация, функция принадлежности.

25.03-01.57 Эффект разнонаправленного изменения собственных частот изгибных колебаний при растяжении балки. *Азаров А.А., Попов А.Л., Челюбеев Д.А. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04–06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1023-1029. Рус.

Оценка усилий и жесткости соединений имеет важное значение для контроля стержневых элементов. Существующие методы оценки подразделяются на статические и динамические. В работе рассмотрена методика динамической оценки продольного усилия в закреплённом стержне по спектру его изгибных колебаний путём сравнения экспериментально зарегистрированных частот колебаний с теоретическим спектром частот, полученным на основе модели балки Тимошенко. Для согласования результатов по теоретической модели с набором экспериментальных частот использован алгоритм *basinhopping*. Выявлена особенность разнонаправленного изменения собственных частот изгибных колебаний при растяжении стержня в области слабо нелинейной зависимости напряжения от деформации.

25.03-01.58 Оценка воздействия вибрационных нагрузок на прочностные характеристики узлов целевого оборудования вертолета. *Пацко В.В. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04–06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1134-1139. Рус.

В настоящее время разработки конструкции вертолетов мало применяют САУ-программы для выявления ошибок и отказов агрегатов или элементов конструкции вертолета. Решения по упреждению разрушений зачастую сводится к изменению конструкции с увеличением массы, а не к определению причины. Анализы, проведенные в САЕ-программах, могут указать, какие отклонения от конструкторской документации на этапах сборки или изготовления деталей, могут привести к отказу, или какие изменения требуется внести в конструкцию изделия. В работе представляются результаты проведения расчета вибрационной прочности целевого оборудования вертолета и возможные причины возникающих во время эксплуатации повреждений.

25.03-01.59 Свободные колебания разномодульных балок с переменным поперечным сечением. *Рзаев Н.С. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04–06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1162-1169. Рус.

Цель работы — получить и решить уравнения свободных колебательных движений балок с переменным поперечным сечением, изготовленных из разномодульных материалов, с учетом сопротивления внешней среды. Предполагается, что поперечное сечение балки переменное, она имеет две оси симметрии и расположена на основании типа Пастернака. Здесь также предполагается, что плотность является переменной. При решении задачи учитывалось сопротивление внешней среды. Поскольку уравнение движения представляет собой сложное дифференциальное уравнение с частными производными относительно сгиба, его решение находится приближенными аналитическими методами. На первом этапе используется разложение на переменные, а на втором — метод ортогонализации

Бубнова—Галеркина. Вычисления в основном проводятся при линейном изменении характеристических функций по толщине и длине балки. Получены уравнения зависимости между круговой частотой и параметрами, характеризующими сопротивление внешней среды и неоднородность, а также параметрами, характеризующими изменение высоты и неоднородность основания. Вычисления проведены для конкретных значений характеристических функций, результаты приведены в таблицах и в форме кривых зависимостей. Из полученных уравнений и результатов вычислений ясно, что допускаются серьезные ошибки, если при решении задач колебательного движения не учитываются сопротивления внешней среды и разномодульность. В то же время по мере увеличения значений параметров, определяющих неоднородность плотности, существенно меняется значение частоты. Полученные результаты могут быть использованы при расчетах разномодульных балок, досок и цилиндрических покрытий с переменным поперечным сечением по прочности, устойчивости и частотно-амплитудным характеристикам с учетом сопротивления внешней среды.

25.03-01.60 Поведение сферы при колебаниях жидкости в круглом вертикальном канале с периодически изменяющимся сечением. *Карпунин И.Э. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентности. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 100. Рус.

25.03-01.61 Особенности моделирования структурного шума двигателя внутреннего сгорания на режиме разгона с использованием объектно-ориентированных комплексов. *Стряпунин А.С., Яковенко А.Л., Шатров М.Г., Гофман М.Д. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 368-380. Рус.

Моделирование ДВС в составе транспортного средства для расчета рабочего процесса двигателя позволяет учитывать реальные нагрузки от трансмиссии конкретного автомобиля. Рассмотрена методика моделирования структурного шума дизеля от рабочего процесса на режимах разгона с использованием программного комплекса AVL Cruise M. Выполнен расчет звуковой мощности дизеля 4ЧН 11/12,5 на режиме разгона в составе моторного стенда и грузового автомобиля с различной интенсивностью. Показано влияние условий проведения испытаний по ГОСТ Р 41.51-2004 на уровень шума дизеля. Применение специализированного объектно-ориентированного комплекса повысило скорость и качество расчета индикаторных диаграмм на разгоне и позволило оценить влияние параметров ДВС и транспортного средства на структурный шум.

25.03-01.62 Исследование колебаний балки из функционально-градиентного материала с учетом затухания. *Ватульян А.О., Варченко А.А. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2021, № 4, с. 10-18. Рус.

Рассмотрена задача о колебаниях неоднородной балки из функционально-градиентного материала в рамках различных моделей деформирования — модели Эйлера—Бернулли и модели Тимошенко при наличии затухания, которое описывается в рамках концепции комплексных модулей для стандартного вязкоупругого тела. Левый конец балки закреплён, а на правом конце действует сосредоточенный момент, осциллирующий с некоторой частотой. Решение построено двумя способами. В первом из них на основе асимптотического анализа осуществлено построение решения в низкочастотной области, показано полное совпадение решений для рассматриваемых моделей в низкочастотной области (до первого резонанса) для любых законов неоднородности. Во втором с помощью метода прицелки проанализировано влияние реологических факторов на амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) неоднородной вязкоупругой балки в частотном диапазоне до третьего резонанса. Проведен сравнительный анализ АЧХ двух моделей для различных законов неоднородности. Представлены АЧХ для различных законов неоднородности, изучено движение резонансных частот в зависимости от безразмерного времени релаксации.

25.03-01.63 Антиплоские задачи о движении осциллирующей нагрузки по границе упругой изотропной полосы при наличии поверхностных напряжений. Калинин Т.И., Наседкин А.В. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2022, № 1, с. 12-22. Рус.

Рассматриваются симметричная и антисимметричная антиплоские задачи о движении с постоянной дозвуковой скоростью осциллирующей нагрузки по границе упругой изотропной нанотонкой полосы. Учет наноразмерности толщины полосы осуществляется введением поверхностных напряжений по теории Гуртина—Мурдоха. Согласно этой теории, принимается, что на торцах слоя помимо внешних нагрузок действуют также поверхностные напряжения, которые описываются поверхностным законом Гука. В результате свойства упругого материала полосы с наноразмерной толщиной становятся отличными от свойств материала тела обычной размерности. Для решения использовалась стандартная техника, включающая применение принципа предельного поглощения, преобразования Фурье по бесконечно протяженной координате и теории вычетов для нахождения обратного преобразования Фурье. При различных толщинах полосы были получены решения в виде рядов по собственным волнам, изучены дисперсионные соотношения и построены графики амплитуд перемещений по толщине. Проведенный анализ показал, что при фиксированных значениях частоты и скорости движения источника значения неотрицательных вещественных волновых чисел больше при наличии поверхностных напряжений, чем значения волновых чисел для классического случая задач без поверхностных напряжений. Отмечено, что поверхностные напряжения оказывают существенное влияние только при уменьшении толщины полосы до наноразмеров. Ключевые слова: установившиеся колебания, движущаяся нагрузка, дисперсионное уравнение, фазовая скорость, упругая полоса, нанотолщина, поверхностные напряжения, модель Гуртина—Мурдоха.

25.03-01.64 Определение прогибов физически нелинейной балки на упругом основании. Кауров П.В. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2023, № 1, с. 11-16. Рус.

Рассмотрены вопросы определения прогибов балки, лежащей на упругом основании с постоянным коэффициентом жесткости, при этом балка выполнена из материала, имеющего нелинейную зависимость между напряжением и деформацией. Физическая нелинейность материала балки учитывается путем аппроксимации зависимости между напряжением и деформацией кубической параболой; такая аппроксимация хорошо описывает кривые деформирования нелинейно-упругого тела с одинаковой диаграммой работы материала на растяжение и сжатие. В качестве примера рассмотрены прогибы нелинейно-упругой балки прямоугольного поперечного сечения, лежащей на основании Винклера и несущей равномерно распределенную нагрузку по всей длине для трех случаев опорных закреплений по краям: с двумя шарнирными опорами, с двумя заделками и с заделкой и шарнирной опорой. Методом последовательных приближений получено решение нелинейного уравнения для прогибов, зависящее от безразмерных параметров, учитывающих влияние упругого основания, физическую нелинейность материала и равномерно распределенную нагрузку. Приведена зависимость изменения величины максимального относительного прогиба от коэффициента постели и распределенной нагрузки, полученная с учетом влияния физической нелинейности материала для трех случаев опорных закреплений. Результаты проведенных расчетов показали, что наличие дополнительных связей уменьшает влияние физической нелинейности материала балки на её прогибы.

25.03-01.65 Голографический метод локализации движущегося подводного источника звука в присутствии интенсивных внутренних волн. Кузькин В.М., Пересёлков С.А., Грачев В.И., Ткаченко С.А., Ладьякин Н.В., Куцов М.В. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2023. 15, № 3, с. 317-326. Рус.

В рамках численного эксперимента рассмотрена голографическая обработка шумоизлучения движущегося подводного источника звука в присутствии интенсивных внутренних волн,

вызывающих горизонтальную рефракцию волн звукового поля. Интерференция невозмущенного и возмущенного полей формирует муаровую интерференционную картину (интерферограмму), маскирующую интерферограмму шумового источника. Регистрация муаровой интерферограммы с помощью двумерного преобразования Фурье позволяет разделить спектральные плотности невозмущенного и возмущенного полей. Это дает возможность реконструировать интерферограмму невозмущенного поля в присутствии интенсивных внутренних волн. Оценена относительная погрешность ее реконструкции. Проанализированы ошибки восстановления дальности и радиальной скорости источника, обусловленные горизонтальной рефракцией.

25.03-01.66 Устойчивость упруго закрепленного трубопровода. Радин В.П., Чирков В.П., Цой В.Э. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024, № 1, с. 31-40. Рус.

Исследована устойчивость трубопровода, левый конец которого закреплен в упругой шарнирной опоре и дополнительно опирается на две упругие опоры. Уравнение возмущенного движения решено с применением метода разложения решения по формам собственных колебаний с дальнейшим использованием процедуры метода Бубнова—Галеркина. Применены два варианта систем собственных форм: стержня с упругими опорами и стержня, закрепленного на одном конце. В первом случае частоты и формы собственных колебаний определены с использованием метода начальных параметров, во втором реакции упругих опор введены в уравнения с помощью дельта-функции. На плоскости параметров, характеризующих скорость и погонную массу протекающей по трубопроводу жидкости, построена граница области устойчивости с варьированием жесткостей упругих опор.

25.03-01.67 Моделирование работы безрезонансного вибровозбудителя. Попов Ю.Г., Фурманов Д.В., Малов Г.С. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024, № 12, с. 34-43. Рус.

Структурный синтез сложных многоконтурных механизмов с заданными эксплуатационными свойствами и увеличенным сроком службы является первой задачей их проектирования. Приведено решение сложной комплексной задачи разработки единой теории синтеза и анализа подвижности нового класса механических систем в виде различных паутиных шарнирных механизмов без избыточных связей, включающей в себя структурные уравнения, теорию образования и алгоритмы направленного структурного синтеза. Даны примеры применения разработанной теории многоконтурных паутиных структур для создания на уровне изобретений плоских и пространственных паутиных механизмов и устройств для различных областей машиностроения в виде рычажных приводов манипуляторов, роботов, зажимных устройств, складывающихся плоских и сферических антенн рефлекторов и локаторов, платформенных многоопорных механизмов.

25.03-01.68 Определение сдвиговой жесткости заполнителя трехслойного стержня по известным значениям прогибов или частот собственных колебаний. Белкин А.Е., Бирюков И.Д. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2025, № 2, с. 12-22. Рус.

В математических моделях трехслойных конструкций реальные заполнители сложной структуры (сотовые, гофрированные, складчатые и др.) заменяют условным однородным слоем с приведенными характеристиками упругости. Одной из важнейших характеристик заполнителя является жесткость при сдвиге. Получить ее значение непосредственно путем испытания сложно. Поставлена задача идентификации жесткости заполнителя трехслойного стержня при сдвиге по известным значениям частот собственных колебаний или перемещений при поперечном изгибе. Для расчетов трехслойных стержней использована теория Григолюка—Чулкова, построенная на основе гипотезы ломаной нормали. Рассмотрены результаты применения этой приближенной теории к расчету частот и форм собственных колебаний стержней. Для оценки точности приближенной теории проведено сравнение ее результатов с решениями плоской динамической задачи теории упругости методом конечных элементов. Показано, что для низших форм соб-

ственных колебаний с длинами волн, значительно превышающими высоту сечения, гипотеза ломаной нормали дает результаты, практически совпадающие с решениями теории упругости. Исследовано влияние жесткости заполнителя на частоту собственных колебаний и перемещение стержней при трехточечном изгибе. Получены формулы, позволяющие установить значения жесткости заполнителя при сдвиге по известным данным соответствующих испытаний.

25.03-01.69 Дисперсионные характеристики и частотно-зависимое затухание изгибных волн, распространяющихся в балке, лежащей на вязкоупругом основании. *Ерофеев В.И., Леонтьева А.В., Царев И.С. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2025, № 3, с. 30-36. Рус.*

Рассмотрена бесконечная балка, лежащая на деформируемом основании и совершающая изгибные колебания. Такая идеализация допустима, если на границах балки находятся оптимальные демпфирующие устройства, т. е. параметры граничного закрепления таковы, что падающие на него возмущения не отражаются. Это позволило рассматривать модель балки без учета граничных условий, а вибрации, распространяющиеся по ней, — как бегущие изгибные волны. Предполагалось, что деформируемое основание сформировано из реологического материала Фойхта—Кельвина, состоящего из параллельно расположенных элементов — упругого (пружина) и вязкого (демпфера). Полное напряжение этого материала равно сумме напряжений в вязком и упругом элементах, испытывающих одинаковые деформации. Срединная линия балки принята нерастяжимой. Для решения задачи использована бегущая гармоническая волна, имеющая действительную частоту и комплексное волновое число. Действительная часть волнового числа характеризует постоянную распространения, с помощью которой вычисляются фазовую и групповую скорости волны, а мнимая часть — показатель экспоненциального закона, по которому волна затухает. Определены дисперсионные характеристики изгибной волны и закономерности ее частотно-зависимого затухания при различных значениях безразмерного параметра, заданного как отношение коэффициента вязкости деформируемого основания к коэффициенту его жесткости.

25.03-01.70 Моделирование нестационарных термомехано-диффузионных колебаний шарнирно-опертой балки Тимошенко. *Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. Инженерно-физический журнал. 2024, 97, № 5, с. 1409-1420. Рус.*

Работа посвящена исследованию влияния механического поля на температурные и диффузионные процессы, возникающие при нестационарном изгибе тонких балок. Используемая здесь модель учитывает конечную скорость распространения тепловых и диффузионных возмущений. Математическая постановка задачи включает в себя систему уравнений нестационарных изгибных колебаний балки с учетом теплопереноса, которая получена из общей модели термомехано-диффузии для сплошных сред с помощью обобщенного принципа виртуальных перемещений. На примере шарнирно опертой трехкомпонентной балки, выполненной из сплава цинка, меди и алюминия, находящейся под действием нестационарных изгибающих моментов, исследовано взаимодействие механического, температурного и диффузионного полей, а также проанализировано влияние релаксационных эффектов на кинетику тепло- и массопереноса.

См. также **25.03-01.31**, **25.03-01.45**

Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

25.03-01.71 Влияние низкочастотного виброакустического воздействия на процесс растворения аммиака в воде. *Козлова А.М., Богатов Н.А., Савина А.С., Зоткин А.П. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 201-203. Рус.*

Продолжение исследований, посвященных изучению влияния низкочастотного виброакустического воздействия на процесс растворения газов в воде. В статье рассматривается влияние низкочастотного виброакустического поля на процесс растворения аммиака в воде при различных установленных значениях частоты при фиксированной амплитуде. В условиях эксперимента выбраны частоты в диапазоне от 11 до 19 Гц с шагом в 2 Гц. В результате исследования выявлены оптимальные частоты воздействия в условиях проводимого исследования.

25.03-01.72 Исследование кинетики обесцвечивания супрамолекулярного комплекса ПВП-ИОД в поле виброакустического воздействия. *Кокорин Н.А., Богатов Н.А., Пентюжин Е.И., Халаджан Е.А. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 204-210. Рус.*

Рассмотрены закономерности диссоциации комплекса поливинилпирролидона с молекулярным иодом в поле виброакустического воздействия инфразвукового и начала звукового диапазонов частот. В частности, изучена кинетика реакции обесцвечивания комплекса при ее интенсификации воздействием, установлено сохранение кинетического порядка реакции. Отдельно произведена оценка подверженности системы действию ненаправленной слабой вибрации. Наблюдаемые в ее поле эффекты проанализированы с позиции теории активных соударений. Исходя из результатов отмечено, что ключевое влияние оказывают на процесс амплитуда.

25.03-01.73 Локализованные акустические волны в одномерных периодически модулированных структурах. *Недоспасов И.А., Пупырѳев П.Д., Смирнов А.В., Кузнецова И.Е. Радиозлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024, 16, № 2, с. 207-214. Рус.*

Предложен и исследован ряд одномерных фоновых кристаллов, представляющих собой периодические тонкопленочные структуры различной геометрии, состоящие из наборов столбиков и металлических включений, расположенных на пьезоэлектрическом полупространстве. Исследованы особенности распространения в подобных структурах акустических волн, локализованных около свободной поверхности и неоднородных включений. Обнаружено необычное поведение дисперсионных кривых для исследованных локализованных мод. Особое внимание уделено так называемым запрещенным зонам, т. е. частотным диапазонам, в которых отсутствуют распространяющиеся локализованные моды. Подробно обсуждено влияние механических и электрических граничных условий на спектр исследуемых волн.

25.03-01.74 Получение и обработка акустических откликов волн Лэмба в датчиках водных растворов базовых вкусов. *Агейкин Н.А., Анисимкин В.И., Воронова Н.В., Тельминов О.А., Шамин Е.С. Радиозлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024, 16, № 3, с. 325-330. Рус.*

Измерены суммарные потери акустических волн в пластинах $128^\circ\text{Y-LiNbO}_3$ при нанесении жидкости, обусловленные радиационным излучением волн в жидкую среду, а также ее вязкостью, электропроводностью, плотностью и диэлектрической проницаемостью жидкостного анализата. В качестве тестируемых выбраны растворы с 5 базовыми вкусами, широко применяемые для калибровки и создания эталонов при тестировании жидких сред. Измерения проведены в диапазоне 30–60 МГц. Экспериментальные данные были представлены в виде полярных гистограмм, из сравнения площадей и формы которых определялся вкус того или иного раствора. К тем же экспериментальным результатам был применен метод анализа большого массива данных (РСА) для описания линейных процессов деформации упругих волн на основе экспериментальных данных, содержащих известные значения измерений физических показателей волны для различных типов жидкостных сред, который ранее использовался для идентификации газов и предсказания свойств различных веществ по линейному отклику нормальной акустоэлектронной волны. Выполнен сравнительный анализ результатов, полученных с помощью полярных

гистограмм и стандартного метода классификации РСА. Продемонстрированы преимущества последнего. Результаты данного исследования полезны как при разработке акустических датчиков без сенсорных слоев, так и для применения методов машинного обучения к данным в других типах датчиков.

Статистическая акустика

25.03-01.75 Повышение имитостойкости радиоканала управления радиогидроакустической аппаратуры. *Орошук И.М., Сучков А.Н., Аленичев А.А. Моря России: от теории к практике океанологических исследований*

= *Seas of Russia: Перспективы использования инновационных технологий и разработок продукции военного и двойного назначения в интересах ВМФ. Владивосток, 23–25 мая 2024 года. Материалы VI Тихоокеанской научно-практической конференции.* Владивосток: Тихоокеанское высшее военно-морское училище им. С.О. Макарова. 2024, с. 82-90. Рус.

Рассмотрены потенциальные возможности радиоэлектронного противодействия радиоканалам управления радиогидроакустическими буями радиогидроакустической аппаратуры с помощью имитопомех. Даны рекомендации по повышению имитостойкости радиоканала управления в условиях возможного радиоэлектронного противодействия противника.

Нелинейная акустика

См. 25.03-01.1К, 25.03-01.16

Нелинейные параметры среды

25.03-01.76 Влияние растягивающих деформаций на распространение продольных упругих волн в объеме аморфного полимера. *Володарский А.Б., Морозов Е.С., Кокшайский А.И., Одина Н.И., Коробов А.И. Письма в ЖЭТФ.* 2025. 121, № 6, с. 491-495. Рус.

Исследуются особенности распространения упругих волн в образцах аморфного полимера — полиакрилонитрил-бутадиенстирола при разных деформациях растяжения. Измерения проводятся как после снятия нагрузки, так и при непосредственном нагружении, что позволяет в том числе оценивать акустоупругий эффект в линейной упругой области деформаций. В окрестности перехода аморфного полимера в пластическую область деформаций обнаружен эффект зарождения локальных областей микрометрового размера с уменьшенными упругими характеристиками. На основе экспериментальных данных и кластерной модели строения аморфных полимеров, предложен механизм перестройки надмолекулярной структуры при одноосном растяжении.

Теория нелинейных акустических волн

25.03-01.77 Исследование нелинейного взаимодействия волн в средах с растворенными газовыми пузырями. *Пивнев П.П., Воронин В.А., Бондарева Ж.Ю. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 45-55. Рус.

Целью работы является исследование нелинейного взаимодействия волн в средах с растворенными газовыми пузырями. В статье рассматривается нелинейное взаимодействие акустических волн в приповерхностном слое моря, содержащем большое количество растворенного газа и влияние дисперсии на характеристики взаимодействия волн. Анализ результатов показал, что скорость звука зависит от концентрации пузырьков в водной среде и от частоты распространения акустических волн, т.е. в среде присутствует дисперсия.

25.03-01.78 Устойчивость решений в виде бегущей волны для обобщенного уравнения Кортвега—Де Вриза—Бюргера с переменным коэффициентом диссипации. *Шаргатов В.А., Чукайнова А.П., Коломийцев Г.В. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 210. Рус.

25.03-01.79 О статистических характеристиках мощных акустических волн с разрывами при наличии шумового воздействия. *Алексеев Д.М., Гусев В.А. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024,

с. 17-27. Рус.

Рассмотрены особенности построения уравнений для среднего поля интенсивных акустических сигналов, распространяющихся в случайно-неоднородной среде и содержащих разрывы во временном профиле. Проведено сравнение различных подходов к получению таких уравнений. Показано, что, несмотря на сглаживание профилей в среднем, наличие разрыва в профиле, необходимо учитывать до проведения операции усреднения. Получено точное выражение для среднего поля исходного треугольного сигнала.

25.03-01.80 Нелинейные периодические волны в деформируемой среде, моделируемой цепочками активных частиц Морзе—ван дер Поля. *Землянухин А.И., Бочгарев А.В., Ерофеев В.И., Павлов И.С. Акустический журнал.* 2025. 71, № 1, с. 16-26. Рус.

Методами численного моделирования исследованы процессы генерации и распространения нелинейных периодических волн в деформируемой среде, моделируемой различными цепочками активных частиц Морзе—ван дер Поля. В широком диапазоне длин цепочек определены интервалы изменения периодов волн. Показано, что в коротких цепочках консервативные силы Морзе значительно больше пространственно-зависимых сил активного трения, вследствие чего волновой процесс сходится по консервативному сценарию. В длинных цепочках выявлен процесс трансформации нелинейной периодической волны в диссипативный солитон, минимальная скорость которого соответствует максимальному значению периода. Установлено, что зависимость значения минимального периода от числа частиц в цепочке практически линейна. Продемонстрирована неустойчивость распространения начальных возмущений, состоящих из нескольких выявленных ранее одинаковых периодических решений. Ключевые слова: нелинейная деформируемая среда, цепочки активных частиц Морзе—ван дер Поля, периодические волны, диссипативный солитон DOI: 10.31857/S0320791925010024.

25.03-01.81 Нелинейные акустические эффекты в резонаторе с дислокационным гистерезисом и линейной диссипацией. *Назаров В.Е., Кияшко С.Б. Акустический журнал.* 2025. 71, № 1, с. 27-33. Рус.

Методом возмущений проведено теоретическое исследование нелинейных акустических эффектов, возникающих при гармоническом возбуждении сдвиговой волны в стержневом твердотельном резонаторе с дислокационным гистерезисом и линейной диссипацией. Получены выражения для резонансной кривой, амплитудно-зависимых потерь и сдвига резонансных частот, а также для амплитуды волны на частоте третьей гармоники. Проведен графический и численный анализ полученных результатов. Ключевые слова: нелинейные акустические волны, амплитудно-зависимое внутреннее трение, резонатор DOI: 10.31857/S0320791925010037.

25.03-01.82 Нелинейное формирование низкочастотного поля дифрагирующими пучками волн высоких частот. *Руденко О.В. Акустический журнал.* 2025. 71, № 1, с. 39-52. Рус.

Изложена универсальная теория “параметрических” излуча-

телей звука, учитывающая затухание и дифракцию взаимодействующих волн в квазиоптическом приближении. Приведены выражения, описывающие структуру низкочастотного поля, возбуждаемого волнами высоких частот с произвольными распределениями амплитуд и фаз на поверхности преобразователей накачки. Даны универсальные формулы для расчета диаграмм направленности. Описана динамика формирования диаграмм. Изложены результаты расчета режима сильно искаженных волн накачки, содержащих ударные фронты. Ключевые слова: нелинейная генерация, низкие частоты, дифрагирующие пучки, диаграмма направленности DOI: 10.31857/S0320791925010055.

Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

25.03-01.83 Ключевые вопросы создания надувных тормозных устройств для увода вышедших из строя спутников в плотные слои атмосферы. Часть 1. Проектный облик. Движение в разреженной атмосфере. Резник С.В., Абрамова Е.Н. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение.* 2023, № 5, с. 101-111. Рус.

Освоение околоземного космического пространства сопровождается появлением на околоземных орбитах космического мусора, состоящего из искусственных спутников, элементов космических аппаратов, ракет-носителей и разгонных блоков, исчерпавших ресурс. Высокая активность энтузиастов, создающих наноспутники CubeSat, заставляет делать мрачные прогнозы засорения космоса. Для очистки околоземного космоса от мусора предлагаются разнообразные проекты, предусматривающие сбор уже накопившегося мусора и оснащения нового поколения объектов ракетно-космической техники средствами для перевода на орбиты захоронения или в плотные слои атмосферы. К перспективным средствам борьбы с космическим мусором относятся надувные тормозные устройства, предназначенные для увода скрепленных объектов в плотные слои атмосферы. Температурное состояние надувного тормозного устройства формируется под действием потоков теплового излучения от Солнца и Земли и кинетического нагрева, вызванного движением в разреженной атмосфере. Рассмотрены варианты проектного облика надувного тормозного устройства для наноспутников CubeSat, находящихся на низких околоземных орбитах. Приведены результаты моделирования движения тонкостенной сферической оболочки надувного тормозного устройства. Выполнена оценка времени достижения спутником плотных слоев атмосферы.

25.03-01.84 Ключевые вопросы создания надувных тормозных устройств для увода вышедших из строя спутников в плотные слои атмосферы. Часть 2. Анализ теплового режима в условиях комбинированного нагрева. Резник С.В., Абрамова Е.Н. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение.* 2023, № 6, с. 119-132. Рус.

Для снижения загрязнения низких околоземных орбит космическим мусором, состоящим из искусственных спутников, других космических аппаратов, элементов ракет-носителей и разгонных блоков, исчерпавших ресурс, перспективно применять надувные тормозные устройства. Простейший вариант такого устройства может представлять собой тонкостенную оболочку из полимерного материала, которая хранится в свернутом виде в транспортном контейнере спутника и надувается в нужный момент по команде, приобретая заданную конфигурацию. Большая площадь мишени оболочки обеспечивает увеличение силы торможения в сильно разреженной атмосфере и уменьшение скорости полета с последующим спуском в плотные слои атмосферы для ликвидации. Выбор рациональных параметров надувной оболочки тормозного устройства предусматривает решение достаточно сложных междисциплинарных задач. Среди них выделяется задача определения температурного состояния надувной оболочки, которое будет формироваться под действием потоков теплового излучения от Солнца, Земли и кинетического нагрева, вызванного движением в свободномолекулярной среде. Рассмотрены особенности теплообмена тонкостенной сферической оболочки надувного тормозного устройства, предназначенного для удаления отработавших ресурс наноспутни-

ков класса CubeSat, находящихся на низких околоземных орбитах.

25.03-01.85 Ключевые вопросы создания надувных тормозных устройств для увода вышедших из строя спутников в плотные слои атмосферы. Часть 3. Оценка стойкости оболочки к ударам микрометеороидов и элементов малого космического мусора. Резник С.В., Михайловский К.В., Абрамова Е.Н. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение.* 2023, № 9, с. 135-146. Рус.

Оснащение малых космических аппаратов надувными тормозными устройствами — одно из перспективных направлений снижения загрязнения околоземного космического пространства от космического мусора. Принцип действия надувного тормозного устройства достаточно прост: в компактно уложенную в транспортный контейнер оболочку в нужный момент подается газ надува, оболочка раскрывается, и благодаря большой площади поперечного сечения увеличивается сила торможения, способствующая снижению скорости полета. В силу массогабаритных ограничений надувная оболочка тормозного устройства должна быть выполнена из тонкой полимерной пленки. Очевидно, что стойкость такой оболочки к ударам микрометеороидов и элементов малого космического мусора будет определять состоятельность самой концепции надувных тормозных устройств. Выполнены расчетно-теоретические оценки стойкости полимерных оболочек к ударным воздействиям частиц алюминия и водяного льда диаметром 1–30 мкм в диапазоне скорости движения 0,5–7,0 км/с. Показано, что при скорости движения более 3 км/с опасность для оболочки из полимерной пленки представляют частицы со свойствами алюминия диаметром 10 мкм и более. Вероятность столкновения оболочки с частицей диаметром 10 мкм на орбите высотой 300 км достигает 0,25, что свидетельствует о необходимости ее подкрепления для сохранения формы в случае локального пробоя.

25.03-01.86 Ударное повреждение цементного камня, подвергнутого кратковременному одноосному сжатию. Кадомцев А.Г., Щербаков И.П., Чмель А.Е. *Физика твердого тела.* 2025, 67, № 2, с. 276-279. Рус.

Исследовано влияние одноосного давления, приложенного после естественного твердения цементного камня (ЦК), на его ударную стойкость в направлении, ортогональном приложенному сжатию. Геометрия испытаний отвечает распределению нагрузок в строительных сооружениях, в которых постоянная вертикальная нагрузка сочетается с горизонтальными динамическим силовым воздействиям различного происхождения. Формирование локального повреждения лабораторных образцов контролировалось методом акустической эмиссии, чувствительным к разрушению структуры ЦК на микромеханическом уровне. Показано, что цикл статической нагрузки изменяет характер выделения энергии при локализованном ударе в сжатом и разгруженном образце в зависимости от приложенного давления. Ключевые слова: осевое давление, повторная нагрузка, акустическая эмиссия.

25.03-01.87 Развитие методов акустического зондирования неоднородной морской среды на принципах нелинейной акустики. Есинов И.Б. *Акустический журнал.* 2025, 71, № 1, с. 8-15. Рус.

Приводится краткий обзор исследований акустического сигнала параметрической антенны в океане на метаметровых дистанциях. Обсуждаются также особенности распространения широкополосного сигнала параметрической антенны в мелководном морском волноводе. В этом случае частотная дисперсия скорости распространения звука в морском волноводе позволяет обеспечить компрессию широкополосного одномодового сигнала. Такая компрессия приводит к росту эффективности зондирования морской среды. Обсуждается возможность ветвистого распространения направленного акустического излучения в неоднородном океане. Показано, что нелинейная акустика открывает новые, не реализуемые известными методами, возможности для применения гидроакустических антенн при дальнем распространении сигнала в неоднородной морской среде. Ключевые слова: параметрическая антенна, частотная дисперсия волновода, ветвистое распространение сигнала DOI: 10.31857/S0320791925010013.

См. также 25.03-01.48, 25.03-01.82

Нелинейная акустика твердых тел

25.03-01.88 Схлопывание присоединенной каверны при малых числах Фруда после отрывного удара плавающего эллиптического цилиндра. *Норкин М.В. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2024, № 1, с. 22-29. Рус.

Рассматривается плоская задача о схлопывании присоединенной каверны, образованной в результате отрывного удара эллиптического цилиндра под свободной поверхностью тяжелой жидкости. Предполагается, что после удара цилиндр движется в горизонтальном направлении с постоянной скоростью. При малых числах Фруда, которые соответствуют небольшим скоростям движения цилиндра, возмущения свободных границ жидкости будут незначительными, и процесс схлопывания каверны в основном сводится к изучению динамики точек отрыва. Решение данной задачи строится при помощи асимптотических разложений по малому параметру, которым является число Фруда. В главном асимптотическом приближении формулируется смешанная краевая задача теории потенциала с односторонними ограничениями на поверхности тела. На ее основе определяется динамика точек отрыва, форма тонкой каверны и реакция среды на тело. Полученные результаты могут быть использованы для решения практических задач морской и корабельной гидродинамики.

См. также 25.03-01.76

Статистическая нелинейная акустика

См. 25.03-01.79

Отражение, дифракция, рефракция, рассеяние интенсивных волн

См. 25.03-01.82

Параметрические антенны, рассеяние звука на звуке

25.03-01.89 Влияние конструктивных характеристик на направленность секторных параметрических антенн. *Кириченко И.А., Котов В.Ю., Лонкин П.В., Смуцкий Д.С. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 121-131. Рус.

Представлены результаты теоретических исследований задачи оценки влияния конструктивных характеристик на этапе проектирования на направленность акустических антенн. Проведена оценка влияния отклонения геометрических размеров и пространственных характеристик конструктивных элементов на характеристику направленности параметрической излучающей антенны секторного обзора. Приведены результаты расчета отклонений характеристики направленности отдельного модуля акустической системы от заданного значения угла раскрытия основания антенны, а также отклонений характеристики направленности модуля акустической системы от отклонения излучающей поверхности от вертикали. Расчеты показали, что отклонения от рассчитанных оптимальных углов раскрытия основания антенны и отклонение поверхности антенны от вертикали приводят к неравномерности основного лепестка характеристики направленности более чем 3 дБ.

25.03-01.90 Освещение ледовой обстановки с использованием параметрических антенн. *Кириченко И.А., Старченко И.В., Смуцкий Д.С., Сахаров В.Л. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 131-139. Рус.

Рассматриваются результаты разработки системы для пано-

рамного мониторинга ледовой обстановки в параметрическом режиме работы гидроакустических средств. Проведен анализ формирования и распространения зондирующих сигналов в акустическом канале параметрического измерителя толщины льда, сформулирован принцип измерения толщины по отражению (рассеянию) акустических сигналов от локально плоско-слоистой системы с размытыми границами. Проведено математическое моделирование акустической мощности канала измерителя толщины льда и «окоп прозрачности» на основе расчета критических углов падения и преломления. Делается вывод о целесообразности использования в качестве информативных сигналов сдвиговых волн.

25.03-01.91 Исследование нелинейного взаимодействия многокомпонентных акустических сигналов в круглом волноводе. *Пивнев П.П. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 212-222. Рус.

Целью данной работы является исследование нелинейного взаимодействия многокомпонентных акустических сигналов в круглом волноводе на примере взаимодействия компонент 10 компонентного сигнала накачки в круглом волноводе с акустически жесткими стенками. Представлены результаты исследований зависимости фазовой скорости от частоты и осевые распределения волн разностной частоты для различных диаметров волновода и частоты. В заключении приведен анализ задержек волны накачки и волны разностной частоты.

См. также 25.03-01.24, 25.03-01.87

Акустические течения и радиационное давление

25.03-01.92 Анализ длины участка локальной абсолотной неустойчивости затопленной струи. *Экстер Н.М., Гареев Л.Р., Зайко Ю.С. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 212. Рус.

Нелинейные диспергирующие волны, солитоны

25.03-01.93 Воздействие турбулентного трения на нелинейные волны цунами, бегущие по шельфу. *Арсеньев С.А., Эпельбаум Л.В. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 15-16. Рус.

См. также 25.03-01.80

Методы измерений и инструменты нелинейной акустики

См. 25.03-01.52

Нелинейная акустика многофазных, пористых, резиноподобных сред, полимеров

25.03-01.94 Исследование нелинейного взаимодействия многокомпонентных акустических сигналов в сильновязких жидкостях. *Пивнев П.П. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 230-237. Рус.

Исследования в области нелинейного взаимодействия многокомпонентных акустических сигналов в сильновязких жидкостях несут высокую научную и практическую значимость. При

распространении волн в сильновязкой жидкости необходимо учитывать свойства жидкости и процессов, происходящих в ней. В работе представлен результат взаимодействия компонентов 10 компонентного сигнала накачки в нефти. В заключении приведен анализ поведения компонент волн разностной частоты в нефти для основных параметров компонент сигнала и параметров среды.

25.03-01.95 Предвестники неустойчивости и новый метод определения предела устойчивости в присутствии шума. *Кривоносова О.Э., Жиленко Д.Ю. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 118-122. Рус.*

Нелинейная акустика структурно неоднородных сред

См. **25.03-01.76, 25.03-01.80, 25.03-01.81**

Физическая акустика

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

25.03-01.96 Распространение и рассеяние акустических волн в суспензиях, содержащих частицы с вращательной степенью свободы. *Диденкулов И.Н. Акустический журнал. 2025. 71, № 1, с. 53-57. Рус.*

Проанализировано поглощение и рассеяние звука в суспензиях с вращательными движениями частиц. Такие вращательные (угловые) колебания возможны, если центр масс частицы смещен относительно центра плавучести. В подобных суспензиях имеет место специфическое затухание и рассеяние звука. Эти эффекты могут найти применение в задачах диагностики суспензий в природных средах и в технологических процессах, а также при создании метаматериалов. Ключевые слова: акустические волны, суспензии, вращательные колебания, затухание и рассеяние звука DOI: 10.31857/S0320791925010063.

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

25.03-01.97 Использование дисперсии волны Рэлея для локализации ее источника. *Лебедев А.В., Мананков С.А., Дубовой Д.В. Акустический журнал. 2025. 71, № 1, с. 129-137. Рус.*

Рассматривается возможность использования дисперсии волны Рэлея для локализации источника сейсмоакустического излучения. Компенсация дисперсионных искажений составляет суть хорошо известных методов обращения волнового фронта или методов обращения времени. Особенностью представленного решения является использование измеренной в процессе регистрации сейсмоакустического сигнала дисперсионной зависимости с последующей обработкой полученных данных. Представлен пример такой обработки для экспериментальных данных, полученных в натуральных условиях. Результаты указывают на перспективность развития предложенного метода интерпретации данных для решения задач сейсмоакустической дистанционной диагностики природных сред, например, для поиска и локализации различного рода включений. Ключевые слова: метод обращения времени, дисперсия рэлеевской волны DOI: 10.31857/S0320791925010132.

См. также **25.03-01.73, 25.03-01.81**

Ультразвуковая релаксация в газах, жидкостях и твердых телах

25.03-01.98 Исследование коэффициента затухания ультразвуковой волны в различных направлениях в кристалле парателлурита. *Поликарпова Н.В., Дьяконов Е.А., Чижев И.К. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая – 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 73-77. Рус.*

нейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 118-122. Рус.

Представлены результаты исследования отражения объемной акустической волны в кристалле диоксида теллура. Исследованы многократные отражения акустических волн от двух свободных границ, разделяющих кристалл и вакуум. Для этого используется особая конфигурация кристалла в виде тетрагональной призмы с двумя параллельными и двумя взаимно наклоненными гранями. Пьезоэлектрический преобразователь генерирует квазипоперечную акустическую волну с углом сноса между акустической фазой и групповой скоростью, равным 74° . Исходная волна генерируется преобразователем при угле падения более 90° . Снос акустической энергии обеспечивает падение волны на наклонную границу кристалла. Падение сопровождается своеобразным ближним отражением собственной волны от наклонной грани. Доказано, что в плоскости (001) материала может распространяться до пяти медленных квазипоперечных акустических волн. Эти волны распространяются вдоль разных направлений, каждое из которых характеризуется определенным углом сноса. Рассчитаны и измерены параметры отраженных волн, такие как направления распространения, фазовые скорости и углы сноса, коэффициенты отражения и затухания. Все эти параметры определяются акустооптическими методами, включая шпирен-визуализацию и методы лазерного зондирования. Для этого призма освещена расширенными и сфокусированными лазерными лучами. На основании полученных результатов рассмотрена возможность разработки новой модификации квазиколлинеарного перестраиваемого акустооптического фильтра. Предложенный фильтр использует исследованное многократное отражение акустических волн в парателлурите. Как показано, медленные сдвиговые акустические волны могут запускаться в кристалле за счет многократных акустических отражений, а также за счет трансформации акустических мод, происходящей после отражений. Мы предлагаем использовать акустооптическое взаимодействие в плоскости (001) кристалла. В этом случае на боковые грани призмы можно одновременно направить несколько оптических лучей, коллинеарных потокам акустической энергии. Исследована геометрия акустооптического взаимодействия в кристалле. На основании требования условия согласования Брэгга рассчитаны частотные зависимости оптических углов падения от частоты ультразвука. Найдены оптимальные геометрии квазиколлинеарной дифракции света на акустических волнах. По сравнению с традиционными модификациями фильтров, предлагаемый прибор можно назвать оптическим многоканальным устройством, способным работать одновременно с несколькими оптическими лучами.

25.03-01.99 Невзаимное отражение упругих волн от свободной границы в кристалле парателлурита. *Поликарпова Н.В., Марунин М.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая – 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 78-81. Рус.*

Одно из наиболее востребованных применений акустооптики связано с проектированием новых устройств для управления оптическими лучами с помощью ультразвука. Рабочие параметры акустооптических устройств определяются геометрией упругих волн, распространяющихся в кристаллах. Многочисленные приложения используют уникальные геометрические

и физические свойства ультразвуковых волн в кристалле парателлурита. Последний обладает чрезвычайно сильной анизотропией упругих свойств и крайне низкой скоростью звука вдоль отдельных направлений. Исследования сосредоточены на конфигурациях упругих волн с обратным отражением, при котором необходимая акустическая волна индуцируется в обратном направлении в результате сложения двух волн. Показано, что при обратном отражении возбуждается дополнительная волна, которая может быть исключена правильным сочетанием фаз двух исходных мод. Исследованы все характеристики волн, включая их направления, поляризацию и углы сноса, а также рассчитаны коэффициенты отражения. Доказано, что, хотя геометрия отражения при взаимном отражении несимметрична, для потоков энергии выполняется условие взаимности, что позволяет создать устройство со сложением акустических пучков.

25.03-01.100 Дифракция кольцевых световых пучков на ультразвуке в кристаллах парателлурита. Кулак Г.В., Ропот П.И., Кулаков С.В., Казаков В.И., Шакин О.В. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 85-89. Рус.

Исследована брэгговская дифракция двухпараметрических кольцевых световых пучков в ближней и дальней зоне на медленной сдвиговой ультразвуковой волне в кристаллах парателлурита. Показано, что наиболее эффективная перекачка энергии кольцевого пучка в первый дифракционный порядок имеет место для циркулярной поляризации падающего пучка. Установлено, что взаимодействующие волны имеют форму кольцевых пучков, причем характеристики дифрагированного пучка определяются параметром порядка и радиусом падающего пучка, а также мощностью ультразвука и длиной акустооптического взаимодействия.

25.03-01.101 Оценка скорости потока частиц в жидкости по эхо-импульсным сигналам ультразвукового фокусирующего преобразователя. Титов С.А., Зыкова Л.А. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 137-140. Рус.

Рассмотрены особенности формирования ультразвуковых эхо-импульсных сигналов фокусирующего, иммерсионного преобразователя, рассеянных потоком малых частиц в фокальной области. Путем сравнения результатов численного моделирования ультразвуковых откликов одиночных рассеивателей и экспериментального ультразвукового исследования потока взвеси клеток дрожжей показано, что принимаемый сигнал сконцентрирован в области фокуса преобразователя, а его структура существенным образом зависит направления потока.

Фононы в кристаллической решетке, квантовая акустика

25.03-01.102 Акустические свойства двумерных фононных кристаллов на основе плавленого кварца. Марунин М.В., Поликарпова Н.В. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 68-75. Рус.

Проведено исследование акустических свойств двумерных фононных кристаллов на основе плавленого кварца. Цель работы — оценка возможности использования фононных кристаллов при создании акустооптических устройств. С помощью метода конечных элементов рассчитаны дисперсионные зависимости акустических волн в фононном кристалле. Получены сечения поверхностей обратных фазовых скоростей акустических волн. Представлены распределения углов сноса акустической

энергии. Рассмотрено влияние геометрических параметров фононного кристалла на распределение его акустических характеристик.

25.03-01.103 Поляризация акустических мод двумерного фононного кристалла. Марунин М.В., Поликарпова Н.В. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 99-103. Рус.

Рассчитаны направления поляризаций акустических мод двумерного фононного кристалла на основе плавленого кварца. Выявлены условия существования чисто продольных и чисто поперечных акустических мод. Рассмотрен вопрос преобразования акустической моды из квазипоперечной в квазипродольную и наоборот. Показано, что для любых направлений распространения акустических волн направления поляризаций акустических мод ортогональны.

25.03-01.104 Исследование поведения волн при многократном отражении акустических волн в кристалле парателлурита. Поликарпова Н.В., Дьяконов Е.А., Чиж И.К. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 126-130. Рус.

Приведены результаты исследования закономерностей распространения акустических волн в кристалле двуокиси теллура при многократном отражении объемных акустических волн. Данный кристалл выбран для анализа из-за чрезвычайно большой упругой анизотропии и исключительно высокого коэффициента акустооптического качества материала. Исследование распространения волн выполнено методом зондирования акустического столба лазерным лучом, а также методом акустооптической визуализации акустических пучков. На основе проведенных исследований изучены основные параметры отраженных волн, такие как фазовая скорость и снос энергии. Кроме того, для рассмотренных направлений распространения ультразвука в кристалле парателлурита была получена величина коэффициента затухания, являющаяся малоизученной. Проведенное исследование позволяет предложить новую модификацию квазиколлинеарного перестраиваемого акустооптического фильтра на кристалле парателлурита, являющегося многоканальным по сравнению с известными акустооптическими квазиколлинеарными устройствами и допускающего работу с несколькими световыми пучками одновременно.

См. также **25.03-01.73**

Плазменная акустика

25.03-01.105 Оптическая характеристика диффузионных переходных слоев в тонких пленках с помощью спектроскопии поверхностного плазмонного резонанса на основе акустооптического перестраиваемого фильтра. Хасанов И.Ш., Анисимов А.В., Лобастов С.А. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 141-145. Рус.

Рассмотрено и продемонстрировано применение спектроскопии поверхностного плазмонного резонанса для задачи определения толщин и оптических постоянных тонких диффузионных слоев на границе «металл—диэлектрик». Возбуждение поверхностных электромагнитных волн реализовано по схеме Кречмана с использованием акустооптического фильтра в качестве монохроматора и поляризатора света от источника широкополосного излучения.

25.03-01.106 Восстановление оптического профиля

тонких градиентных пленок аппроксимацией в виде полиномиальных функций с помощью спектроскопии поверхностного плазмонного резонанса на основе акустооптического перестраиваемого фильтра. *Хасанов И.Ш., Чуриков Д.В., Вольпян О.Д., Альбин К.В., Дронский Р.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 87-94. Рус.

Рассмотрен метод восстановления приближенного вида оптического профиля тонких градиентных пленок с помощью их аппроксимации полиномиальными функциями. Предлагаемый подход основан на спектральных и угловых измерениях отраженного квазиомохроматического p — поляризованного света после фильтрации акустооптическим перестраиваемым фильтром. Измерения выполняются методом поверхностного плазмонного резонанса для тонкой золотой пленки с градиентным по показателю преломления диэлектрическим покрытием на призме в геометрии Кречмана. Установленная дисперсия резонансного угла по длине волны позволяет подобрать вид оптического профиля с помощью набора функций, представляющих собой полиномиальную последовательность. Для выбора вида полинома, приближенного к истинному оптическому профилю, предлагается провести дополнительное измерение при контакте поверхности тонкой пленки с неактивной жидкостью. Этот метод оптической характеристики тонких градиентных пленок имеет потенциальное применение как наиболее высокочувствительный оптический метод для неразрушающего контроля тонких пленок, в том числе в реальном времени при их производстве.

25.03-01.107 Особенности подстройки частоты STW-резонаторов методом плазмохимического травления. *Сарнова А.С., Веремеев И.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 130-136. Рус.

Представлены данные по частотной подстройке методом плазмохимического травления одноходовых STW-резонаторов на диапазон частот 240—1000 МГц. Приведены основные параметры резонаторов после частотной подстройки: точность установки центральной частоты до $\pm 0,01$ МГц, добротность 8600—16500, элементы эквивалентной схемы, необходимые для практического использования STW-резонаторов.

25.03-01.108 Получение полимерных композиционных материалов на основе наночастиц оксида цинка, синтезированных в плазменном разряде под действием ультразвука. *Бульчев Н.А., Михайлов Ю.Г. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2023. 15, № 2, с. 161-168. Рус.*

Синтезированы наночастицы оксида цинка и на их основе получены и исследованы образцы плёнок полимерных композиционных материалов. Наночастицы оксида цинка синтезированы в плазменном разряде под действием ультразвуковой кавитации. Для создания композитов с гомогенным распределением наночастиц использовали растворную технологию, а затем технологию компаундирования в расплаве. Получены композиционные материалы на основе сополимера полиэтилена и винилацетата и наночастиц оксида цинка, причем использовались наночастицы не обработанные ультразвуком и обработанные ультразвуком. Полученные образцы композиционных материалов исследованы методами рентгенофазового анализа, рентгенофлуоресцентного анализа и сканирующей электронной микроскопии. Показано, что наблюдаются различия между образцами: в случае наночастиц без ультразвукового воздействия частицы сильнее агрегированы внутри композиционного материала и средний размер их визуально больше, чем в случае образца с наночастицами, подвергнутыми ультразвуковому воздействию.

25.03-01.109 Трансформация геодезической акусти-

ческой моды в присутствии низкочастотного зонального течения в плазме токамака. *Сорокина Е.А. Письма в ЖЭТФ. 2024. 120, № 9, с. 667-674. Рус.*

Предложен механизм нелинейного взаимодействия геодезической акустической моды (ГАМ) и низкочастотного зонального течения (ЗТ), объясняющий наблюдаемое в экспериментах на токамаках появление сателлитов ГАМ. Взаимодействие собственных мод существенно различных частот приводит к модуляции амплитуды колебаний ГАМ на частоте колебаний ЗТ, что проявляется в спектре колебаний в виде двух боковых гармоник вблизи частоты ГАМ. Частоты указанных гармоник отвечают сумме и разности частот ГАМ и ЗТ. Триггером эффекта служит стационарное торондальное вращение плазмы.

Акустика вязкоупругих материалов

25.03-01.110 Акустический пограничный слой твёрдой абсолютно теплопроводной поверхности. *Легуша Ф.Ф., Кузькин В.М., Разрезова К.В., Переселков С.А. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. 16, № 2, с. 275-290. Рус.*

Представлены результаты анализа теоретических описаний формирования акустического пограничного слоя вблизи твёрдой абсолютно теплопроводной поверхности, полученных Г. Кирхгофом и Л.Д. Ландау. В обоих случаях акустический пограничный слой формируют неоднородные вязкие и тепловые волны в пристеночном слое жидкой среды, контактирующей с поверхностью твёрдого тела, от которой отражается плоская бегущая звуковая волна. На основании анализа можно сделать выводы: анализируемые решения задач являются физически обоснованными, независимыми и дополняющими друг друга. При формировании акустического пограничного слоя вязкие и тепловые волны возбуждаются синхронно парами. Внутри акустического пограничного слоя каждая пара неоднородных волн распространяется навстречу друг другу. Неоднородные волны зарождаются на параллельных поверхностях, ограничивающих объём акустического пограничного слоя. Проведён анализ процесса трансформации тепловых волн в дополнительные одномерные неоднородные волны, появление которых в пограничном слое предсказано Г. Кирхгофом. Показано, что при взаимодействии с поверхностью тела бегущей звуковой волны в звуковом диапазоне частот эти волны не влияют на процесс формирования пограничного слоя. Уточнены выражения, позволяющие провести численную оценку плотности мощности тепловыделения в пограничном слое. Получена формула, позволяющая определить долю энергии звуковой волны, которая поглощается в акустическом пограничном слое. На практике полученные в статье результаты могут быть использованы, например, в аэроакустике для оценки диссипативных свойств поверхностей твёрдых тел.

Наноакустика, акустика тонких пленок и капель с наночастицами

25.03-01.111 Способ оценки относительного изменения осаждаемых диффузионных потоков наноаэрозолей в мощных звуковых полях. *Тимошенко В.И., Чернов Н.Н., Лупандина М.А. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 94-100. Рус.*

Рассмотрены физические процессы интенсифицирующего действия мощных акустических колебаний при акустическом оседании наноразмерных и микронных аэрозолей. Оценено взаимное влияние гидродинамических полей обтекания тонкодисперсных частиц промышленных аэрозолей на процесс осаждения. Дано объяснение ускоренной диффузией частиц в звуковом поле. Приведены экспериментальные подтверждения результатов математического моделирования.

25.03-01.112 Влияние звуковых волн на скорость всплытия пузырьков в воде. *Зарипов Ф.А., Павлов Г.И., Накоряков П.В. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых*

ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 170-177. Рус.

25.03-01.113 Влияние ультразвукового излучения на время всплытия микропузырьков воздуха. *Алан-Рейс Н.В., Еськин А.А., Жилиякова Т.С., Унру П.П. Вестник Инженерной школы ДФУ. 2020, № 2, с. 2-12. Рус.*

Представлены результаты экспериментального исследования влияния ультразвукового излучения, генерируемого дисковым пьезокерамическим элементом ЦТС-19, на время всплытия микропузырьков, выделяемых из пересыщенного воздухом водного раствора. Показано, что под действием ультразвука происходит объединение пузырьков в комплексы, что увеличивает скорость их всплытия. Зависимость времени всплытия от частоты излучения носит сложный характер, применение ультразвука с частотой 160 кГц может снизить время всплытия с 39,9 до 13,5 с. Результаты работы могут быть использованы для увеличения производительности установок очистки сточных вод методом напорной флотации.

Акустическая микрофлюидика

25.03-01.114 Влияние ультразвукового излучения на время всплытия микропузырьков воздуха. *Алан-Рейс Н.В., Еськин А.А., Жилиякова Т.С., Унру П.П. Вестник Инженерной школы ДФУ. 2020, № 2, с. 2-12. Рус.*

Представлены результаты экспериментального исследования влияния ультразвукового излучения, генерируемого дисковым пьезокерамическим элементом ЦТС-19, на время всплытия микропузырьков, выделяемых из пересыщенного воздухом водного раствора. Показано, что под действием ультразвука происходит объединение пузырьков в комплексы, что увеличивает скорость их всплытия. Зависимость времени всплытия от частоты излучения носит сложный характер, применение ультразвука с частотой 160 кГц может снизить время всплытия с 39,9 до 13,5 с. Результаты работы могут быть использованы для увеличения производительности установок очистки сточных вод методом напорной флотации.

25.03-01.115 Реализация акустоэлектрического преобразователя. 1. Зависимость электрокинетических явлений в водных растворах электролитов от структуры мембранных материалов. *Ермакова Л.Э., Шарфарец В.П., Дмитриев С.П., Курочкин В.Е. Науч. приборостр. 2022. 32, № 4, с. 20-34. Рус.*

Приведены особенности потенциала течения в электролите, значимые при реализации жидкостного акустоэлектрического преобразователя. Рассмотрена электрохимия потенциала течения в электролитах. Отмечена особенность процесса в растворах электролитов, связанная с влиянием ионной силы электролита, и его зависимость от электрокинетического радиуса. Показано, что при малых величинах электрокинетического радиуса возникает эффект перекрытия двойных электрических слоев, ведущий к резкому уменьшению абсолютных величин потенциала течения, а, следовательно, и к практической невозможности реализации акустоэлектрического преобразования.

25.03-01.116 Реализация акустоэлектрического преобразователя. 2. Электрокинетические характеристики микрофльтрационных мембран. *Ермакова Л.Э., Шарфарец В.П., Дмитриев С.П., Курочкин В.Е. Науч. приборостр. 2023. 33, № 1, с. 3-16. Рус.*

Приведены методики измерения удельной электропроводности мембран, потенциалов течения и структурных параметров (объемной пористости и коэффициентов структурного сопротивления) микрофилтров. Вопросы, связанные с увеличением эффективности акустоэлектрического преобразования в электролитах, рассмотрены с использованием результатов измерений характеристик микрофилтров из боросиликатного стекловолокна (Whatman GF/A) в растворах NaCl. Полученные результаты призваны увеличить чувствительность гидрофона, основанного на применении электрокинетических эффектов.

25.03-01.117 Разработка DIY-установки для капельной микрофлюидики. *Полдушов М.А. Науч. приборостр. 2023. 33, № 3, с. 3-26. Рус.*

Создание микрофлюидных установок для большинства исследовательских лабораторий представляет сложную задачу в первую очередь по причине высокой стоимости входящих в их состав компонентов. В связи с этим проводятся многочисленные исследования по поиску новых и модернизации уже имеющихся способов изготовления подобных устройств, направленные на упрощение и удешевление технологии их производства. В работе обсуждается возможность разработки DIY (Do-It-Yourself, дословный перевод — сделай сам) установки для капельной микрофлюидики, которая включает систему подачи жидкостей, состоящую из нескольких шприцевых насосов, и микрофлюидные чипы с различной геометрией. Для изготовления как шприцевых насосов, так и микрофлюидных чипов использовались широкодоступные готовые компоненты. Некоторые механические части насосов изготавливались самостоятельно с использованием метода 3D-печати. Управление микрофлюидной установкой осуществлялось при помощи платформы Arduino UNO. На ряде примеров формирования эмульсий с различными типами морфологии было показано, что разработанная установка не уступает системам, которые были ранее представлены другими авторами.

Поверхностные волны в твердых телах и жидкостях

25.03-01.118 Проблемы разработки перестраиваемых фильтров на ПАВ для систем мобильной связи. *Балышева О.Л. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 106-110. Рус.*

Многополосная и многорежимная работа становится обычным требованием для систем мобильной связи, причем число используемых стандартов связи и частотных полос постоянно возрастает. Архитектура современных мобильных телефонов построена по принципу «одна полоса — один фильтр». Применение перестраиваемых ПАВ фильтров могло бы существенно упростить архитектуру построения радиочастотной части мобильных телефонов, заменив как полосовые фильтры с фиксированными параметрами, так и переключатели. Такая замена позволит уменьшить общее число компонентов, снизить стоимость и уменьшить необходимое пространство для размещения. Однако, несмотря на все усилия, пока не удается разработать перестраиваемые ПАВ фильтры с требуемыми характеристиками. Статья посвящена анализу проблем, сопутствующих разработке. Автор выделяет теоретические, технические и технологические проблемы, а также проблемы, связанные со стоимостью и необходимостью массового производства перестраиваемых фильтров для современных мобильных телефонов.

25.03-01.119 Применение линейно-частотно-модулированных сигналов в радиочастотных системах идентификации объектов с использованием меток на поверхностных акустических волнах. *Жежерин А.Р., Федоров И.Д. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 111-119. Рус.*

Рассматривается возможность применения линейно-частотно-модулированных (ЛЧМ) радиоимпульсов в системах радиочастотной идентификации объектов, использующих метки на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Исследована эффективность распознавания меток с применением частотно-кодовых последовательностей в формировании импульсных характеристик (ИХ) меток. Для анализа распознавания использовался корреляционный метод. Оценен объем семейства формируемых меток при заданном уровне взаимной корреляции их кодов.

25.03-01.120 Создание фильтров на ПАВ с малыми потерями — одно из главных конкурентных преимуществ техники ПАВ. *Багдасарян А.С., Гуляев Ю.В.,*

Доберштейн С.А., Синицына Т.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 137-147. Рус.

Представлены последние достижения по созданию фильтров на ПАВ с малыми потерями на кольцевых структурах с ОМПО и однонаправленных ВПП с МПО, на повторяющихся, резонаторных двухмодовых и лестничных структурах.

25.03-01.121 Фильтры на ПАВ и системы мобильной связи 5G. Бальшева О.Л. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 148-152. Рус.

Появление нового стандарта мобильной связи неизбежно связано с новыми требованиями к фильтрам, вызванными как освоением новых частотных диапазонов и расширением используемых полос, так и возрастающей сложностью мобильных устройств. В статье анализируются причины, по которым технология поверхностных акустических волн продолжает оставаться одной из доминирующих технологий частотной фильтрации и с введением нового стандарта мобильной связи 5G.

25.03-01.122 Способ измерения скорости поверхностных акустических волн в пьезоподложке. Богословский С.В., Жежерин А.Р. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 153-159. Рус.

Рассмотрен способ измерения скорости ПАВ в материале пьезоподложки с использованием оригинальной топологии устройства на ПАВ и векторного анализатора. Описаны используемые при измерениях характеристики устройства, методика измерения скорости и оценена точность измерения. Ключевые слова: пьезоподложка, скорость поверхностной акустической волны, встречно-штырьевой преобразователь, отражающая структура, частотные характеристики устройства, методика измерения.

25.03-01.123 Конструктивно-технологическая платформа для разработки и серийного производства резонаторов на поверхностных поперечных волнах с высокой добротностью и уменьшенными размерами. Веремеев И.В., Доберштейн С.А. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 160-166. Рус.

Представлены конструкции и технологии для производства резонаторов на поверхностных поперечных волнах в диапазоне частот 240—1800 МГц на $YX/36^\circ+90^\circ$ срезе кварца с добротностью 5000—11780 в корпусах под поверхностный монтаж размерами 9,1×7,1×1,8 мм, 5×5×1,8 мм и 3×3×1,5. Резонаторы могут использоваться в миниатюрных малошумящих генераторах.

25.03-01.124 Численный подход к извлечению параметров поверхностных акустических волн из анализа периодических структур. Койгерев А.С., Бальшева О.Л. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 167-171. Рус.

Предложен численный подход к извлечению СМ параметров поверхностных акустических волн из анализа периодических структур. Скорость, коэффициент отражения, эффективный коэффициент электромеханической связи, затухание определяются на основе моделирования набора тестовых структур с

помощью пакета COMSOL Multiphysics. Представлены два типа анализа периодической структуры: анализ собственных частот и анализ частотной характеристики проводимости. Сравнение с использованием двух типов анализа показало хорошее совпадение.

25.03-01.125 Использование высокоскоростных поперечных волн для повышения рабочих частот устройств на ПАВ. Багдасарян А.С., Гуляев Ю.В., Доберштейн С.А., Синицына Т.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 12-23. Рус.

Представлен эффективный метод повышения рабочих частот устройств на ПАВ — использование поверхностных поперечных волн (STW) с большой скоростью распространения акустической волны $v=5000$ м/с на кварце. Рассмотрены подходы к реализации STW-резонаторов с высокой добротностью и STW-фильтров с малыми потерями на частоты >1 ГГц.

25.03-01.126 Подложки для ПАВ-фильтров поколения 5G. Бальшева О.Л. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 29-33. Рус.

Изменения, вызванные переходом к новому стандарту мобильной связи 5G, приводят к необходимости применения новых материалов и освоения новых технологий производства подложек фильтров на ПАВ. На основании новых требований к фильтрам анализируются основные тенденции исследований и промышленных разработок подложек фильтров. Ключевые слова: поверхностные акустические волны, фильтры, подложки, многослойные структуры, стандарт 5 G.

25.03-01.127 Особенности технологии изготовления резонаторов на поверхностных поперечных волнах в частотном диапазоне 1,0—1,8 ГГц. Веремеев И.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 48-54. Рус.

Приведены результаты исследований технологий, обеспечивающих возможность изготовления на стандартном оборудовании контактной фотолитографии топологических структур с техпроцессом 0,5—1,0 мкм для STW-резонаторов в диапазоне частот 1,0—1,8 ГГц. Рассмотрены особенности конструкций, обеспечивающие стабильность параметров резонаторов во время изготовления и эксплуатации. Представленные образцы STW-резонаторов в миниатюрных SMD-корпусах 3×3 мм обладают добротностью 5600—9700 и могут использоваться для создания малошумящих СВЧ-генераторов.

25.03-01.128 Нелинейность ПЧ фильтров на поперечно-связанных ПАВ-резонаторах. Доберштейн С.А., Косарев Б.А. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 55-61. Рус.

Исследованы интермодуляционные искажения сверхузкополосных фильтров на поперечно-связанных ПАВ-резонаторах, изготовленных жидкохимическим травлением металлизации. Показано, что причиной интермодуляционных искажений таких ПАВ-фильтров являются межэлектродные загрязнения. Предложено для удаления этих загрязнений использовать очистку в потоке деионизованной воды. После очистки линейность ПАВ-фильтра на центральную частоту 80 МГц улучшилась: уровень интермодуляционных искажений 3-го порядка увеличился с 64 до 78 дБмкВ.

25.03-01.129 Применение устройства на ПАВ в дат-

чике температуры. *Жежерин А.Р., Параскун А.С.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 62-68. Рус.

Показана возможность использования устройства на ПАВ в датчике температуры в качестве чувствительного элемента. Рассчитаны на ЭВМ и проанализированы частотные и временные характеристики элемента в зависимости от температуры. Показана линейная зависимость максимального значения информационного сигнала от измеряемой температуры в определенном диапазоне ее значений.

25.03-01.130 Моделирование методом конечных элементов линии задержки на ПАВ. *Койгеров А.С., Балышева О.Л.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 69-73. Рус.

Предложен численный практический подход моделирования линии задержки на поверхностных акустических волнах. Входной преобразователь работает на основной гармонике, выходной — на 3-й гармонике. Приведены практические рекомендации для моделирования в пакете COMSOL Multiphysics и представлены результаты расчета частотной характеристики ПАВ линии задержки для частоты 1,5 ГГц на подложке 128° YX-среза LiNbO_3 . Сравнение показало хорошее совпадение результатов моделирования и эксперимента.

25.03-01.131 Использование веерных преобразователей для создания широкополосных фильтров на ПАВ с малыми потерями и высокой прямоугольностью АЧХ. *Багдасарян А.С., Гуляев Ю.В., Доберштейн С.А., Синицына Т.В.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 4-16. Рус.

Рассмотрены подходы к реализации веерных фильтров на ПАВ с наклонными электродами с относительной полосой пропускания 4—75%, коэффициентом прямоугольности 1,1—1,96 и вносимыми потерями 5—18 дБ.

25.03-01.132 Динамические процессы в коллинеарном акустооптическом генераторе с оптическим гетеродинамированием. *Балажский В.И., Манцевич С.Н., Куррейчик М.И.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 17-21. Рус.

Необходимость улучшения технических характеристик акустических резонаторов и фильтров на их основе связана с интеграцией ПАВ- и ОАВ-технологий. Обсуждаются предпосылки и возможности развития гибридной акустической технологии ПАВ/ОАВ с использованием универсальных многослойных подложек с тонкими пьезоэлектрическими пленками.

25.03-01.133 ПАВ и ОАВ: интеграция акустических технологий. *Балышева О.Л.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 22-26. Рус.

Необходимость улучшения технических характеристик акустических резонаторов и фильтров на их основе связана с интеграцией ПАВ- и ОАВ-технологий. Обсуждаются предпосылки и возможности развития гибридной акустической технологии ПАВ/ОАВ с использованием универсальных многослойных

подложек с тонкими пьезоэлектрическими пленками.

25.03-01.134 Технологии корпусирования кристаллов ПАВ- и ОАВ-устройств на уровне подложки. *Сарпова А.С., Веремеев И.В.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 82-86. Рус.

Приведен обзор современных технологий корпусирования кристаллов ПАВ- и ОАВ-устройств на уровне подложки (WLP). Рассмотрены особенности технологических процессов для различных методов WLP, их недостатки и область применения. WLP является одной из ключевых технологий для создания сверхминиатюрных ПАВ- и ОАВ-устройств, широко применяемых в телекоммуникационной аппаратуре.

25.03-01.135 Интеллектуальные устройства на ПАВ с новыми возможностями. *Багдасарян А.С., Гуляев Ю.В., Доберштейн С.А., Синицына Т.В., Багдасарян С.А.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 9-18. Рус.

Представлены последние достижения по созданию интеллектуальных устройств на ПАВ с новыми возможностями: балансных фильтров с самосогласованием и преобразованием импедансов, ПАВ-микросборок и модулей, платформ с интеграцией ПА-, WLP-, LTCC-технологий, радиометок, объединенных с датчиками различных физических величин.

25.03-01.136 Возможности и перспективы повышения рабочих частот фильтров на поверхностных акустических волнах. *Балышева О.Л.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 24-28. Рус.

Обсуждаются возможные способы, достижения, ограничения и перспективы повышения рабочих частот выше 3 ГГц фильтров на поверхностных акустических волнах, применяемых в современных системах мобильной связи.

25.03-01.137 Использование поверхностных акустических волн в фильтрации сигналов. *Гладких Е.Г., Назаренко П.А., Болдышева К.Д.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 52-56. Рус.

Рассматриваются фильтры на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Раскрываются характеристики фильтров на ПАВ. Описываются принципы фильтров на ПАВ, технологии и методы создания фильтров. В конце статьи приведен синтез фильтра на ПАВ для использования в технике GPS и ГЛОНАСС как показатель их применимости в технике высокочастотного диапазона.

25.03-01.138 Прямая (фазо-разрешающая) модель поверхностных волн. *Чаликов Д.В., Фокина К.В.* Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2025. 18, № 1, с. 8-18. Рус.

Обсуждается место созданной в Санкт-Петербургском филиале ИО РАН численной модели поверхностных волн TRIDWAVE в вычислительной геофизической гидродинамике. Дается описание математической формулировки численной модели поверхностных волн в периодической области для бесконечной и конечной глубин. Главной особенностью модели является возможность переключения от подробной трёхмерной схемы к упрощённой двумерной схеме, которая ускоряет вычисления в 10—15 раз. Статистические характеристики результатов, воспроизводимых оригинальным и ускоренным вариантами моде-

ли, совпадают с высокой точностью. Дается описание структуры модели, взаимодействия её блоков, схемы запуска и возобновления счёта и контроля результатов. Описывается динамическая часть программы, осуществляющая решение на каждом шаге по времени и включающиеся по запросу блоки оперативной обработки и регистрации результатов. Описана система регистрации результатов, их состав, даны рекомендации по расширению выдачи. Даются рекомендации по организации обработки полученных результатов после окончания счёта. Ключевые слова: потенциальные поверхностные волны, численное моделирование, ветровые волны, развитие волн, диссипация волн, спектр, Фурье трансформ метод, статистические характеристики волн.

См. также **25.03-01.97**

Акустоэлектроника

25.03-01.139 Экспериментальное исследование электронной перестройки акустооптического синхронизатора мод лазера. *Балакиев В.И., Магдич Л.Н., Манцевич С.Н., Слинков Г.Д.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 6-11. Рус.

Представлены результаты экспериментального исследования эффекта электронной перестройки акустических резонансов в акустооптическом синхронизаторе мод лазера. В приближении плоских акустических волн решена задача возбуждения акустического резонатора Фабри—Перо пластинчатым пьезопреобразователем с учетом реальных параметров ВЧ-генератора и элементов согласования преобразователя с генератором. Перестройка резонансов осуществлялась путем изменения реактивных согласующих элементов (индуктивности и емкости), подключенных к преобразователю акустооптической ячейки. В эксперименте использовалась ячейка, изготовленная из кристаллического кварца с двухсекционным преобразователем из ниобата лития.

25.03-01.140 Акустооптическая генерация световых пучков с перестраиваемой криволинейной траекторией распространения. *Белый В.Н., Казак Н.С., Хило Н.А., Ропот П.И.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 12-16. Рус.

Исследованы особенности формирования динамических световых пучков Эйри на основе акустических фазовых косинус-линз при освещении одним и двумя гауссовыми пучками с совпадающими или ортогональными состояниями поляризации. Такие световые поля перспективны в лазерных технологиях, микроскопии на основе световых листов, дистанционного зондирования.

25.03-01.141 Двукратная брэгговская дифракция бесселевых световых пучков высших порядков на ультразвуке в одноосных гиротропных кристаллах. *Белый В.Н., Кулак Г.В., Крох Г.В., Ропот П.И., Шакин О.В.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 17-21. Рус.

Теоретически и экспериментально исследована неколлинеарная двукратная брэгговская дифракция бесселевых световых пучков на ультразвуке в одноосных гиротропных кристаллах. Установлено, что при распространении бесселевого светового пучка вдоль оптической оси кристалла, дифрагированные световые пучки ± 1 -го порядка располагаются симметрично относительно падающего и имеют примерно одинаковую интенсивность.

25.03-01.142 Регистрация производной оптического спектра методом акустооптической спектроскопии. *Боритко С.В., Карандин А.В.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 22-27. Рус.

Обоснована необходимость более точного определения положения спектральных составляющих в сложных перекрывающихся спектрах. Рассмотрена возможность использования акустооптической дифракции при использовании резкого периодического переключения фазы управляющего напряжения для регистрации не только спектра оптического излучения, но и его производной. Предлагаемая методика позволяет регистрировать производную в реальном масштабе времени, что резко сокращает время обработки спектральной информации по сравнению с альтернативными методами, предполагающими измерение протяженного участка спектра, сглаживание и последующее вычисление производных спектра.

25.03-01.143 Особенности квазиколлинеарной дифракции в кристалле ниобата лития. *Кулаков С.В., Пресленев Л.Н.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 28-32. Рус.

Рассмотрены вопросы квазиколлинеарной дифракции в кристалле ниобата лития. Описана низкочастотная форма квазиколлинеарного взаимодействия, использующая «вырожденную» акустическую моду. Показано, что при этом возможно появление эффектов интерференционного сложения многократных акустических отражений в среде взаимодействия. Представлены результаты эксперимента.

25.03-01.144 Формирование управляемых пучков Эйри в локально-неоднородных средах. *Курилкина С.Н., Белый В.Н., Казак Н.С.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 33-38. Рус.

Предложен метод формирования квазибездифракционных пучков Эйри, основанный на использовании фотонных кристаллов (ФК) с градиентом показателя преломления. Установлено, что посредством варьирования параметрами ФК оказывается возможным управлять свойствами пучков. Показано, что использование в качестве матрицы ФК жидкого кристалла, к которому приложено внешнее электрическое поле, позволяет создавать электроуправляемые пучки Эйри.

25.03-01.145 Эффект захватывания частоты в акустооптических системах и его практическое применение. *Манцевич С.Н.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 39-43. Рус.

Представлены результаты исследования акустооптической системы с оптоэлектронной обратной связью. Впервые обнаружен эффект захватывания частоты собственных колебаний акустооптической системы, возникающих при величине коэффициента усиления больше пороговой. Изучены зависимости ширины полосы захватывания от основных параметров, определяющих функционирование системы. Показано, что с помощью эффекта захватывания, можно управлять спектральной полосой пропускания устройства, а также реализовать временное демультимплексирование.

25.03-01.146 Особенности разработки и экспериментальных исследований сверхширокополосных СВЧ микроэлектронных систем в технологическом базисе БИКМОП кремний—германий 130 Нм. *Мурасов К.В.,*

Завьялов С.А., Косых А.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 44-49. Рус.

Рассматриваются вопросы проектирования сверхширокополосных систем СВЧ микроэлектроники диапазона частот 0,8—20 ГГц. Рассмотрены особенности схемотехники для обеспечения коррекции АЧХ в верхней части диапазона рабочих частот. Рассматриваются особенности проектирования контактных площадок для минимизации паразитных емкостей и улучшения КСВ. Описываются результаты разработки и исследования специализированных высокочастотных подключающих устройств для проведения испытаний СВЧ микросхем. Рассматриваются вопросы микромонтажа СВЧ систем микроэлектроники и комплексное влияние разварочных проводников и контактных площадок на частотные свойства систем СВЧ микроэлектроники.

25.03-01.147 Использование в акустооптике явления многократного отражения акустических волн в кристалле парателлурита. **Поликарпова Н.В., Волошинов В.Б.** Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 50-54. Рус.

Представлены результаты исследования явления многократного отражения упругих волн в кристалле парателлурита, характеризующегося большой анизотропией упругих свойств. Теоретически и экспериментально изучено отражение медленных сдвиговых объемных акустических волн от свободной границы кристалл-вакуум. Рассмотрение проведено в плоскости (001) высокоэффективного акустооптического кристалла, в которой акустическая анизотропия максимальна. На основе проведенного анализа сделан вывод о возможности применения явления многократного отражения акустооптических волн в акустооптическом устройстве управления параметрами световых потоков.

25.03-01.148 Исследование акустооптических свойств монокристалла теллура в режиме анизотропной брэгговской дифракции. **Хоркин В.С., Волошинов В.Б.** Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 55-59. Рус.

Представлены результаты теоретического анализа акустических и акустооптических свойств монокристалла теллура для плоскости XZ. Рассмотрены различные варианты анизотропного акустооптического взаимодействия на волнах, распространяющихся вдоль оси X. Представлены результаты расчета коэффициента акустооптического качества для каждой из трех акустических мод, а также рассмотрены варианты создания акустооптических ячеек с использованием акустических волн вдоль оси X двулучепреломляющего кристалла теллура.

25.03-01.149 Адаптивная гиперспектральная акустооптическая система обработки изображений. **Юшков К.Б., Молчанов В.Я.** Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 60-64. Рус.

Создана и экспериментально исследована акустооптическая гиперспектральная система с адаптивным управлением функцией пропускания фильтра. Показано, что интенсивность сигнала линейно зависит от ширины функции пропускания в режиме обработки изображений. Для компенсации уширения функции точечного отклика системы использована конфокальная оптическая система. Продемонстрирована адаптивная пе-

рестройка функции пропускания и компенсация неоднородности спектра источника излучения в диапазоне 460—820 нм.

25.03-01.150 Фильтры на ПАВ для систем мобильной связи: достижения и перспективы. **Бальшеева О.Л.** Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 86-90. Рус.

Представлены современные достижения и направления совершенствования фильтров на ПАВ для систем мобильной связи. Рассмотрены достижения в миниатюризации, интеграции и температурной стабильности фильтров. Обсуждаются перспективы развития.

25.03-01.151 Использование особенностей нормальных акустических волн при проектировании прототипов датчиков жидкости. **Воронова Н.В.** Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 91-97. Рус.

Изучены зависимости сенсорных свойств нормальных акустических волн (НАВ), распространяющиеся в тонких пьезоэлектрических пластинах, от параметров жидкости (температура, электропроводность, вязкость). Установлены особенности этих свойств. Разработаны и апробированы два сенсорных прототипа — трехпараметрический датчик микропроб жидкости и жидкостной идентификатор.

25.03-01.152 Исследование корреляционных свойств меток на ПАВ для систем идентификации. **Жежерин А.Р., Федоров И.Д.** Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 98-104. Рус.

Рассмотрены корреляционные свойства кодовых последовательностей, формирующих импульсные характеристики (ИХ) идентификационных меток на ПАВ. ИХ являются дискретно-частотно-модулированными (ДКЧМ) радиомпульсами. Изучается возможность уменьшения активной ширины спектра ДКЧМ сигналов при сохранении заданной ВКФ между кодами.

25.03-01.153 Эффективность конструктивной и схемотехнической оптимизации конструкции термостатированных кварцевых генераторов для реализации наивысшей стабильности частоты. **Котюков А.В., Никитин А.Г., Заславский А.В.** Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 105-112. Рус.

Показаны пути улучшения характеристик кварцевого генератора: нестабильность частоты при изменении температуры окружающей среды, кратковременная нестабильность частоты и относительная спектральная плотность мощности фазовых шумов. В результате проведенной работы были получены генераторы с одинарным термостатом с нестабильностью частоты при изменении температуры окружающей среды на уровне 10^{-10} , кратковременной стабильностью частоты на 1 секунде менее $2E-13$ и относительной спектральной плотностью мощности фазовых шумов на отстройке 1 Гц — 120 дБн/Гц^1 .

25.03-01.154 Методы проектирования технологических систем изготовления оптических и акустических микроэлектронных устройств. **Ларин В.П.** Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 113-118. Рус.

Изложены методы решения задач, связанных с проблемой проектирования технологических систем (ТС) изготовления устройств оптической вычислительной техники и акустоэлектронных устройств. Огромное разнообразие функциональных элементов (подложек, пленок, кристаллов) и элементарных технологических преобразований при их изготовлении требуют определенных подходов к проектированию ТС для снижения трудоемкости, временных затрат и обеспечения эффективности принимаемых решений.

25.03-01.155 Ондюляторный эффект на изгибной акустической волне кильватерного волновода. *Шейман И.Л.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019, с. 119-122. Рус.

Рассмотрена возможность создания кильватерного ондюлятора на изгибной акустической волне в ускорительной структуре с диэлектрическим заполнением. Предложенная конструкция обладает более гибкими возможностями перестройки по сравнению с традиционными ондюляторами.

25.03-01.156 Необычные варианты анизотропной дифракции света в двусосном кристалле TL3AsS4 . *Балацкий В.И., Купрейчик М.И., Манцевич С.Н.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 6-11. Рус.

На примере кристалла ромбической сингонии TL3AsS4 проведено исследование необычных вариантов акустооптического рассеяния, которые реализуются, когда взаимодействующие пучки распространяются вблизи одной из оптических осей двусосного кристалла. Основное внимание уделено особенностям частотных зависимостей углов Брэгга для различных направлений распространения акустических волн. Установлен ряд необычных закономерностей акустооптического эффекта в двусосных кристаллах, которые могут иметь практическое значение. В частности, показано, что на основе кристалла TL3AsS4 может быть реализован модулятор неполяризованного излучения, существенно превосходящий по своим характеристикам существующие серийные аналоги.

25.03-01.157 Разработка акустооптического видеоспектрометра без поляризаторов. *Ватшев В.И., Шарикова М.О., Козлов А.Б., Пожар В.Э., Боритко С.В.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 12-15. Рус.

Разработана оптическая схема акустооптического изображающего спектрометра без применения поляризаторов, что делает прибор проще, компактнее, дешевле и обеспечивает более высокое качество изображения. Даны рекомендации по практическому применению предложенной схемы.

25.03-01.158 Изотропная акустооптическая дифракция бесселевых световых пучков в анизотропных кристаллах. *Белый В.Н., Хило П.А., Казак Н.С., Хило Н.А.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 16-21. Рус.

Исследованы особенности акустооптической (АО) дифракции с участием бесселева светового и бесселева акустического пучков в акустически поперечно изотропных кристаллах гексагональных классов симметрии. Рассмотрена АО дифракция на вертикально поляризованной (SV-) акустической поперечной волне, которая имеет более сложную поляризационную структуру в сравнении с горизонтально поляризованной (SH-) вол-

ной, дифракция на которой исследовалась ранее. Показано, что использование SV-волны приводит к модуляции и диагональных компонент тензора диэлектрической проницаемости E_{iy} и установлено, что за счет диагональных компонент может быть повышена эффективность изотропной дифракции.

25.03-01.159 Использование комбинационного рассеяния для диагностики драгоценных камней в сложных ювелирных изделиях. *Боритко С.В., Боритко Я.С.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 22-26. Рус.

На примере разработанного в НТП Уникального приборостроения РАН акустооптического спектрометра комбинационного рассеяния показана возможность достоверной неразрушающей диагностики драгоценных камней в сложных ювелирных изделиях, а также исследования спектральных особенностей натуральных и синтетических кристаллов.

25.03-01.160 Спектрометр на базе акустооптического перестраиваемого фильтра для бесконтактного спектрального контроля в экстремальных условиях. *Казак В.И., Москалец О.Д., Хомутов А.С.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 27-36. Рус.

Рассматривается применение оптического спектрометра на базе акустооптического перестраиваемого фильтра в системе оптического спектрального контроля процессов, протекающих в экстремальных условиях. Приводится структурная схема такого спектрометра и обсуждается вопрос выбора его элементной базы. Рассмотрены режимы работы спектрометра на базе АОПФ при разных типах управляющего сигнала: сигнала с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) и сигнала со ступенчатой перестройкой частоты (СЧМ). Приведены результаты компьютерного моделирования аппаратной функции прибора при разных видах модуляции. Результаты показывают широкие перспективы применения спектрометра на базе АОПФ при использовании СЧМ в системах контроля для сканирования определенного набора спектральных линий, по которым возможно получать исчерпывающую информацию о состоянии контролируемого процесса. Существенным достоинством спектрометра при использовании СЧМ является его быстродействие, так как в этом случае нет необходимости сканировать весь диапазон и поэтому время анализа спектра существенно сокращается.

25.03-01.161 Акустооптическая фильтрация бесселевых световых пучков инфракрасного диапазона в одноосных кристаллах. *Кулак Г.В., Белый В.Н., Ропот П.И., Крох Г.В., Шакин О.В.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 37-41. Рус.

Исследованы особенности неколлинеарной акустооптической фильтрации квазибездифракционных бесселевых световых пучков инфракрасного диапазона спектра в одноосных кристаллах. Найдено выражение для эффективности дифракции в зависимости от параметров взаимодействующих бесселевых пучков o - и e -типа, а также от значений интегралов перекрытия. С использованием метода интегралов перекрытия показано, что независимо от значения моды бесселевого светового пучка в условиях поперечного фазового синхронизма дифрагированных бесселевых пучков o - и e -типа в диапазоне оптического спектра 8,4—13,6 мкм нм в кристаллах теллура достижима полоса пропускания фильтра ~ 20 нм; для кристаллов ортоселеноарсенита в диапазоне спектра 9—14 мкм достижима полоса пропускания ~ 48 нм.

25.03-01.162 Дифракция бесселевых световых пучков на ультразвуковых волнах Лява. *Кулак Г.В.,*

Казак Н.С., Николаенко Т.В., Шакин О.В. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 42-46. Рус.

Исследована брэгговская дифракция бесселевых световых пучков на дисперсионных волнах Лява в многослойной системе воздух-SiO₂-Si в зависимости от амплитуды деформации ультразвуковой волны для толщин слоя, соответствующих первым четырем модам Лява. Показано, что возмущенные волнами Лява слои на основе акустооптических кристаллов могут быть использованы в качестве модуляторов бесселевых световых пучков в режиме отражения и пропускания. Установлено, что различные моды Лява могут быть резонансно детектированы бесселевыми световыми пучками нулевого порядка в условиях поперечного фазового синхронизма.

25.03-01.163 Изотропная дифракция неполяризованного излучения в периодически неоднородном акустическом поле в двусосном кристалле TL3AsS4. **Купрейчик М.И., Балакшиев В.И.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 47-52. Рус.

Исследована возможность создания на основе двусосного кристалла TL3AsS4 акустооптических устройств управления неполяризованным излучением. Показана целесообразность применения фазированного преобразователя для повышения характеристик deflectоров неполяризованного излучения. Установлено, что при использовании преобразователя с противофазным включением соседних секций перекачка энергии во второй дифракционный порядок приводит к существенному сужению частотного диапазона. Изучена возможность применения преобразователей с электронным управлением фазами соседних секций для создания deflectоров с большим числом разрешенных положений в режиме высокой эффективности дифракции.

25.03-01.164 Дифракционные катастрофы в оптике и акустике кристаллов. **Курилкина С.Н., Белый В.Н.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 53-57. Рус.

Рассмотрены различные типы сингулярных точек поверхности волновых векторов. Показано, что распространение световых и акустических пучков в соответствующих им направлениях идентифицируется с простейшими дифракционными катастрофами. Установлена возможность преобразования одного типа катастрофы в другой при наличии малого возмущения, что продемонстрировано на примере снятия вырождения фазовых скоростей вдоль оптической (акустической) оси гиротропного кристалла и преобразовании дифракционной катастрофы, заключающейся в соответствии одной волновой нормали конуса лучей, в дифракционную катастрофу сборки. Для последней характерно образование на лучевой поверхности острых граней и выделение дополнительной подболочки, вследствие чего вблизи оптической (акустической) оси в одном направлении могут распространяться с различными групповыми скоростями не две, а четыре (для акустики — квазипоперечные) волны.

25.03-01.165 Анализ характеристик широкоугольных акустооптических фильтров на основе кристалла парателлуриата. **Манцевич С.Н., Купрейчик М.И., Балакшиев В.И.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 58-64. Рус.

Проведен анализ всех основных характеристик широкоугольных акустооптических (АО) фильтров, изготовленных на основе кристалла диоксида теллура. Расчеты проведены как для

низкочастотной, так и для высокочастотной геометрии широкопертурной АО дифракции. Для различных углов среза кристалла были рассчитаны частоты АО синхронизма, спектральное разрешение, АО качество и оценены требуемые геометрические размеры АО ячейки.

25.03-01.166 Исследования кристаллов боратов бария для применения в акустооптических приборах ультрафиолетового диапазона. **Марунин М.В., Поликарпова Н.В.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 65-70. Рус.

Проведено исследование акустических, оптических и акустооптических свойств тригональных кристаллов боратов бария α -BaB₂O₄ и β -BaB₂O₄. Рассчитаны фазовые скорости и поляризации акустических волн в кристаллах. Получены углочастотные зависимости материалов. Представлены зависимости коэффициентов акустооптического качества материалов от направления фазовых скоростей акустических волн. Целью работы является оценка возможности создания акустооптических устройств на основе кристаллов боратов бария, работающих в ультрафиолетовой области спектра. В частности показано существование срезов кристаллов, которые могут быть рекомендованы для использования в указанных устройствах.

25.03-01.167 Применение анизотропного преломления в акустооптических устройствах. **Поликарпова Н.В.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 71-74. Рус.

Исследуется преломление упругих волн в кристаллах на границе раздела ниобат лития—парателлурит. Показано, что преломление порождает две волны, одна из которых испытывает отрицательное преломление по отношению исходной падающей волне, а вторая сохраняет традиционное направление. Рассчитаны все свойства упругих волн в описанной схеме, включая направления, поляризации, углы сноса. Показана конфигурация акустооптического устройства, использующая геометрию необычного преломления в анизотропной среде.

25.03-01.168 Анализ эффекта перестройки частоты акустического резонанса в акустооптическом модуляторе на стоячей волне. **Слиньков Г.Д., Манцевич С.Н., Балакшиев В.И., Магдич Л.Н.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 75-81. Рус.

Данная работа продолжает проведенное ранее исследование эффекта зависимости частоты акустического резонанса акустооптического (АО) синхронизатора мод лазера от параметров его электрической цепи согласования. Представлены новые экспериментальные и теоретические результаты. Предложенное теоретическое описание эффекта основано на использовании эквивалентной электро-механической схемы АО ячейки. Такой подход позволил получить аналитические соотношения, определяющие зависимость величины указанного эффекта (сдвига частоты) как от параметров и конфигурации цепи согласования, так и свойств используемых кристалла и пьезопреобразователя.

25.03-01.169 Расчет поляризуемости многослойной сферической частицы при перпендикулярной ориентации внешнего поля. **Фарафонов В.Г., Устимов В.И., Вешев Н.А., Тулегенов А.Р.** *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 82-89. Рус.

Для малых неконфокальных (несофокусных) многослойных сфероидов построен алгоритм вычисления поляризуемости при перпендикулярной ориентации внешнего поля, базирующееся на решении электростатической задачи. Поляризуемость такой частицы с точностью до константы совпадает с первым элементом Т-матрицы и может быть найдена в виде произведения бесконечных матриц. Численные расчеты показали, что для поляризуемости многослойной сферoidalной частицы при перпендикулярной ориентации внешнего поля можно использовать конфокальное приближение, в рамках которого учитываются только одно слагаемое в разложениях полей, при этом относительная погрешность менее 0.1%.

25.03-01.170 Акустические свойства монокристалла теллура. Хоркин В.С., Поликарпова Н.В., Волошинов В.Б. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 90-94. Рус.

Представлены результаты теоретического анализа акустических свойств двух модификаций теллура. Данные модификации отличаются друг относительно друга знаком упругого модуля с 14. Рассмотрено влияние знака с 14 на величины фазовых скоростей и поляризаций акустических волн, распространяющихся в плоскостях XY, XZ и YZ кристалла теллура.

25.03-01.171 Акустоэлектронный балансный дифференциатор. Абрамов А.П. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 96-100. Рус.

Рассмотрена топология весового фильтра на поверхностных акустических волнах. Приведены аналитические выражения для передаточной и импульсной характеристики акустоэлектронного балансного дифференциатора. Представлены результаты теоретического и экспериментального анализа его работы в конечной полосе частот.

25.03-01.172 Весовая функция акустоэлектронного фазового демодулятора. Абрамов А.П. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 101-105. Рус.

Рассмотрена методика определения весовой функции устройства. Получено аналитическое выражение для весовой функции акустоэлектронного фазового демодулятора. Представлены результаты теоретического и экспериментального анализа его работы в конечной полосе частот.

25.03-01.173 Влияние спейсера в акустическом отражателе на параметры микроэлектронного ОАВ-резонатора. Торгач Т.Н., Козлов А.Г. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01 — 05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020, с. 120-126. Рус.

Рассмотрены микроэлектронные ОАВ-резонаторы с симметричным и асимметричным брэгговским акустическим отражателем на основе пленок молибдена и алюминия и пьезоэлектрической пленки из нитрида алюминия. Показано, что наличие спейсера в асимметричном отражателе позволяет эффективно отражать продольные и сдвиговые акустические волны. Проведены аналитические исследования акустических характеристик отражателей и электрических параметров ОАВ-резонаторов на их основе с резонансной частотой 5 ГГц. Установлено, что при использовании в резонаторе асимметричного отражателя частоты последовательного и параллельного резонанса смещаются в область высоких частот, а добротность уменьшается на 2%.

25.03-01.174 Акустооптические устройства с секционированными пьезопреобразователями. особенности работы и возможные применения. Балажский В.И., Курейчик М.И., Манцевич С.Н. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 4-9. Рус.

Теоретически исследованы особенности анизотропной дифракции света в периодически неоднородном акустооптическом поле, создаваемом секционированным пьезопреобразователем с противофазным возбуждением соседних секций. Численные расчеты показали, что этот тип акустооптического взаимодействия имеет ряд интересных особенностей, которые могут быть использованы при разработке акустооптических приборов. В частности, рассмотрена возможность создания устройств для управления неполяризованным оптическим излучением.

25.03-01.175 Трансформация пучка гауссова типа в бесселев световой пучок при встречном акустооптическом взаимодействии. Белый В.Н., Хило П.А., Казак Н.С., Хило Н.А. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 10-16. Рус.

Исследован процесс акустооптического (АО) взаимодействия пучка гауссова типа и встречного бесселева акустического пучка в акустически поперечно изотропных кристаллах. Рассмотрена АО дифракция на вертикально поляризованной (SV-) акустической волне, что позволяет задействовать в АО-процессе диагональные компоненты тензора диэлектрической проницаемости. Установлено, что за счет указанных диагональных компонент может быть реализована изотропная дифракция светового пучка гауссова типа в бесселев световой пучок с высокой эффективностью взаимодействия. Предложенная схема АО дифракции представляет интерес для получения бесселевых световых пучков из гауссовых с возможностями динамической перестройки их параметров.

25.03-01.176 Определение температурных зависимостей упругих модулей парателлуриата акустооптическим методом. Костылева Е.И., Манцевич С.Н. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 28-32. Рус.

Условие фазового синхронизма акустооптической дифракции определяется параметрами взаимодействующих волновых пучков и среды взаимодействия. При этом свойства среды взаимодействия, в первую очередь скорость акустической волны, зависят от ее температуры. Изменение скорости ультразвуковой волны определяется температурными зависимостями величин упругих модулей среды, однако даже для такого широко используемого акустооптического (АО) материала, как парателлуриат, величины температурных коэффициентов упругих модулей, приведенные в различных литературных источниках, существенно различаются, а наблюдаемые величины сдвига условия АО синхронизма не совпадают с рассчитанными по литературным данным. С целью устранения наблюдаемого расхождения в работе проведен анализ температурных зависимостей упругих модулей c_{11} , c_{12} и c_{44} кристалла парателлуриата АО методом.

25.03-01.177 Коллинеарное акустооптическое преобразование бесселевых световых пучков в условиях внутренней конической рефракции. Кулак Г.В., Ропот А.П., Шакин О.В. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 33-40. Рус.

Рассмотрено коллинеарное акустооптическое преобразование бесселевых световых пучков в два кольцевых пучка внутренней конической рефракции. С использованием метода преобразования Фурье найдены выражения для потоков мощности дифрагированных на ультразвуке кольцевых пучков внутренней конической рефракции в замкнутой форме. Установлено, что при малых интенсивностях ультразвуковой волны имеет место существенное изменение эффективности дифракции при увеличении длины акустооптического взаимодействия; при больших интенсивностях ультразвука интенсивности дифрагированных пучков выравниваются. Показано, что для малых длин акустооптического взаимодействия достигается узкополосное преобразование световых бесселевых пучков нулевого порядка с шириной полосы $\sim 0,1$ нм.

25.03-01.178 Дифракция неполяризованного излучения в акустооптических ячейках на основе двусосных кристаллов с фазированным преобразователем. *Купрейчик М.И., Балацкий В.И., Манцевич С.Н. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 41-47. Рус.

На примере ромбического кристалла PzAsS_4 проведено исследование характеристик анизотропной дифракции в двусосных кристаллах в акустическом поле, создаваемом фазированным пьезоэлектрическим преобразователем с противофазным возбуждением соседних секций. Особое внимание уделено особенностям частотных зависимостей оптимальных углов падения в различных срезах кристалла. Доказана целесообразность применения фазированного пьезоэлектрического преобразователя для повышения характеристик устройств управления неполяризованным излучением. В частности, предложен дефлектор неполяризованного излучения, значительно превосходящий по своим характеристикам существующие серийные аналоги. Изучена возможность создания дефлекторов неполяризованного излучения с большим числом разрешимых положений на основе акустооптических ячеек с электронным управлением фазами секций преобразователя.

25.03-01.179 Электроиндуцированное бездифракционное распространение акустических пучков в кубических центросимметричных кристаллах с высокой диэлектрической проницаемостью. *Курилкина С.Н., Бельый В.Н., Кулаков С.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 48-54. Рус.

Показано, что приложение внешнего электрического поля к кубическому центросимметричному кристаллу обуславливает деформацию поверхности волновых векторов и появление на ней параболических точек, соответствующих направлениям, вдоль которых возможно бездифракционное распространение пучков квазиоперечных ультразвуковых волн. Кроме того, изменяя внешнее электрическое воздействие, можно управлять формой пучка продольных волн: фокусировать или расфокусировать его, а также реализовать случай, когда данный пучок распространяется как в изотропной среде. Ключевые слова: акустический пучок, анизотропный кристалл, поверхность волновых векторов, бездифракционное распространение.

25.03-01.180 Особенности спектрального пропускания квазиколлинеарных акустооптических фильтров. *Манцевич С.Н., Юшков К.В., Третьяков С.А. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 61-67. Рус.

Проведен теоретический и экспериментальный анализ влияния температурных градиентов, появляющихся при функционировании квазиколлинеарных акустооптических (АО) фильтров, на их спектральное пропускание при реализа-

ции АО дифракции на одночастотной и линейно частотно-модулированной акустической волнах. Температурные градиенты и функции пропускания при дифракции на одночастотной ультразвуковой волне были измерены для различных мощностей ультразвука. Разработана теоретическая модель, основанная на уравнениях Рамана—Ната, учитывающая затухание ультразвука и неоднородность температуры в области АО взаимодействия.

25.03-01.181 Подбор состава акустической склейки для пропускания сдвиговых ультразвуковых волн. *Мильков М.Г. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 76-80. Рус.

Исследованы характеристики пропускания сдвиговой ультразвуковой волны через акустическую склейку на основе сахара и глицерина. Измерения коэффициента пропускания проведены акустооптическим способом для трех различных пропорций компонент исследуемого состава. Ключевые слова: акустика, акустический контакт, акустическая склейка, сдвиговая ультразвуковая волна, метод диксона, акустооптика.

25.03-01.182 Кольцевая оптическая ловушка на основе акустооптического перестраиваемого фильтра. *Обыденнов Д.В., Юшков К.В., Мочанов В.Я. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 81-83. Рус.

Продемонстрирована работа оптической ловушки с кольцевым потенциалом управляемого радиуса. Кольцевое распределение поля создается с помощью фокусировки лазерного пучка в неколлинеарный акустооптический фильтр, обладающий двумерной передаточной функцией. Многочастотное адаптивное управление акустооптическим фильтром позволяет управлять пространственным распределением поля оптической ловушки. В качестве экспериментального подтверждения работоспособности установки продемонстрировано управление радиальным положением полистирольных микрочастиц в составе водяной суспензии.

25.03-01.183 Акустооптическая спектроскопия с пространственным разрешением. *Пожар В.Э., Мачихин А.С. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 84-90. Рус.

Рассмотрены проблемы получения массивов пространственно-спектральной информации посредством акустооптических перестраиваемых фильтров. Описаны этапы последовательного решения проблемы. Перечислены развиваемые направления, основанные на этой технологии. Ключевые слова: акустооптический перестраиваемый фильтр, спектральное отображение, гиперспектрометрия, стереоспектрометрия, спектральная фазовая микроскопия, оптическая когерентная томография, спектральная цифровая голография.

25.03-01.184 Инфракрасные акустооптические устройства, использующие акустическое отражение. *Поликарпова Н.В., Марунин М.В., Чиж И.К. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 91-96. Рус.

Исследованы особенности отражения объемных акустических волн в кристаллах галогенидов ртути в случае произвольного падения упругой волны на свободную границу раздела между кристаллом и вакуумом. Рассмотрен ряд необычных эффектов и явлений, ранее мало изученных акустикой и принципиально

не наблюдаемых в изотропных материалах. На основе результатов работы могут быть построены новые варианты акустооптических приборов, работающие в инфракрасном диапазоне.

25.03-01.185 Оптический пинцет с двухкоординатным акустооптическим дефлектором для манипулирования частицами. *Рожкова Н.А., Мачихин А.С. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 97-101. Рус.

Оптический захват стал важным методом контроля и исследования частиц на масштабах от нанометров до миллиметров. Описана схема работы оптической системы с акустооптическим дефлектором для автоматического захвата частиц, показано, что этот дефлектор за счет быстрой перестройки по частоте позволяет реализовать перемещение частицы по произвольной траектории, множественный захват.

25.03-01.186 Оптический спектральный прибор на базе акустооптического перестраиваемого фильтра с расчетом затухания акустической волны в среде акустооптического взаимодействия. *Хомутов А.С. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 102-108. Рус.

Акустооптический модулятор рассмотрен как элемент системы обработки сигналов радио и оптического диапазона с решеткоподобной структурой. Отмечена значимость спектральных измерений оптического диапазона в науке и технике. Предложен способ измерения спектра оптического сигнала спектральным прибором на базе акустооптического перестраиваемого фильтра при линейно-частотной модуляции сигнала с учетом затухания акустической волны в среде акустооптического взаимодействия. Представлен пример затухания акустической волны в среде акустооптического взаимодействия. Предложен коэффициент амплитудной модуляции управляющего сигнала для учета затухания акустического сигнала. Оптический спектральный прибор данного типа можно эффективно использовать для контроля процессов горения, протекающих в условиях повышенной опасности для человека.

25.03-01.187 Акустические и акустооптические параметры инфракрасных стекол на основе германия, селена, кремния и теллура. *Хоржин В.С., Мильков М.Г. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 109-114. Рус.

Исследованы акустические и акустооптические параметры стекол на основе германия, селена, кремния и теллура. Представлены результаты измерений для стекол, в химический состав которых входит германий, селен, теллур (GeSeTe), а также кремний и теллур (SiTe). Приведены основные свойства исследуемых стекол, такие как скорости продольных и сдвиговых акустических волн, а также величины акустооптического качества.

25.03-01.188 Акустооптический перестраиваемый фильтр для лазера на парах меди. *Шакин О.В., Казаков В.И. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 115-122. Рус.

Рассчитан и изготовлен акустооптический перестраиваемый фильтр (АОПФ) на основе кристалла парателлурида TeO_2 для перестройки длины волны излучения лазера на парах меди. Геометрия акустооптического взаимодействия в АОПФ для выполнения широкоугольной спектральноселективной дифракции основана на параллельности касательных к волновым по-

верхностям падающего и дифрагированного света. Решена система уравнений для заданных выше условий и определена максимальная числовая апертура фильтра в плоскости рассеяния. Установлено, что необходимый угол отклонения акустического волнового вектора от направления [110] приводит, в силу большой упругой анизотропии парателлурида, к значительному отклонению вектора групповой скорости, или потока энергии. Этот угол между векторами фазовой и групповой скорости может составлять десятки градусов, что приводит к необходимости изготавливать акустооптические ячейки особой формы. Кроме того, при отклонении от направления [110] это приводит также и к изменению скорости упругих волн, в данном случае к ее увеличению и, в результате, к снижению эффективности акустооптического взаимодействия. Рассчитано, что максимальная числовая апертура в плоскости дифракции получается при угле отклонения вектора упругих волн от направления [110] примерно на 18° . В этом случае числовая апертура в плоскости дифракции почти вдвое превышает числовую апертуру в ортогональной плоскости. Поэтому для случая одинаковой числовой апертуры достаточно выбрать угол около 10° . В работе представлено математическое описание и результаты расчета основных характеристик акустооптического перестраиваемого фильтра. На основе выполненных исследований изготовлен и экспериментально исследован акустооптический перестраиваемый фильтр для управления параметрами лазера на парах меди на двух длинах волн излучения 510,6 нм и 578,2 нм.

25.03-01.189 Тензорные свойства кривизны волновых поверхностей в кристаллах: применения в оптике и акустике. *Юшков К.Б., Науменко Н.Ф. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 123-127. Рус.

Рассмотрен строгий тензорный подход к анализу кривизны оптических и акустических волновых поверхностей кристаллов. Показано, что расходимость волновых пучков в анизотропной среде определяется главными значениями тензора кривизны, а направления автоколлимации существуют тогда и только тогда, когда одно из собственных значений является нулевым. Проблема рассмотрена в приложении к распространению акустических волн в кристаллах с сильной анизотропией и анализу фазового синхронизма в акустооптике и нелинейной оптике.

25.03-01.190 Обобщенный подход к синтезу функций пропускания акустооптических фильтров на основе преобразования Френеля. *Аникин С.П., Чижиков А.И., Гуров В.В., Макаров О.Ю., Молчанов В.Я., Юшков К.Б. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 4-11. Рус.

Рассматриваются общие свойства различных типов программируемых акустооптических фильтров при многочастотном управлении: дисперсионных линий задержки, адаптивных гиперспектральных фильтров и пространственных шейперов лазерных пучков. Показано, что для этих типов устройств применим одинаковый математический аппарат синтеза многочастотных управляющих радиосигналов на основе преобразования Френеля.

25.03-01.191 Акустооптические системы с обратной связью и их применение в оптической обработке информации. *Балажий В.И., Манцевич С.Н. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 24-28. Рус.

Представлен краткий обзор теоретических и экспериментальных исследований акустооптических систем с гибридной обратной связью, выполненных на физическом факультете Москов-

ского государственного университета им. М.В. Ломоносова. В частности, описаны системы стабилизации интенсивности и направления распространения лазерных пучков и разные типы оптоэлектронных генераторов с коллинеарной и квазиортогональной геометрией акустооптического взаимодействия.

25.03-01.192 Акустооптическая дифракция бесселевых световых пучков полуперегородка в анизотропных кристаллах. *Белый В.Н., Хило П.А., Казак Н.С., Хило Н.А.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 34-38. Рус.

Исследованы особенности акустооптической (АО) дифракции с участием бесселева светового пучка (БСП) полуперегородка и бесселева акустического пучка (БАП) целого порядка в акустически поперечно-изотропных кристаллах. Рассмотрена АО дифракция на вертикально поляризованной (SV-) акустической поперечной волне, которая имеет более сложную поляризационную структуру в сравнении с горизонтально поляризованной (SH-) волной. Рассчитана эффективность дифракции для АО процесса с участием БСП порядка $3/2$ и БАП первого порядка. Показано, что эффективность этого процесса в условиях фазового и пространственного синхронизмов остается достаточно высокой, что позволяет использовать АО дифракцию для управления бесселевыми световыми пучками полуперегородков.

25.03-01.193 Моделирование системы перестраиваемого источника на базе акустооптического фильтра. *Беляева А.С., Романова Г.Э., Рывкина Я.А., Рябов Д.Р.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 39-47. Рус.

Источники с возможностью перестройки по спектру могут найти применение во многих производственных и научных областях, таких как полиграфия, офтальмология, спектральный анализ, а также в качестве эталона цвета. При этом наиболее перспективной представляется реализация такого типа источника на базе АОФ. Особенностью разработки приборов с АОФ является, как правило, низкая эффективность использования светового потока, сложности разделения 0 порядка дифракции от рабочих порядков (1 и -1 порядков). В работе рассмотрены возможности повышения световых параметров системы, а также особенности реализации конструкции компактного перестраиваемого источника на базе АОФ с использованием рабочих порядков дифракции.

25.03-01.194 Исследование продольного распределения амплитуды акустического пучка в квазиколлинеарных акустооптических ячейках. *Костылева Е.И., Манцевич С.Н.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 74-78. Рус.

Акустооптическим (АО) методом изучено затухание ультразвуковых волн в квазиколлинеарных АО-ячейках. Исследование проведено с целью последующей компенсации влияния поглощения акустической мощности материалом АО-ячейки на эффективность работы акустооптических дисперсионных линий задержки (АОДЛЗ), применяющихся для управления спектром лазерных импульсов.

25.03-01.195 Коллинеарная акустооптическая фильтрация полихроматических световых пучков Эйри в одноосных кристаллах. *Кулак Г.В., Казаков В.И., Ропот А.П., Шакин О.В.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-

Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 79-83. Рус.

Исследованы особенности коллинеарной акустооптической фильтрации квазибездифракционных световых пучков Эйри o - и e -типа в одноосных кристаллах. С использованием метода интегралов перекрытия найдено выражение для эффективности дифракции в зависимости от параметров акустооптического взаимодействия, а также от значений интегралов перекрытия. Показано, что для Эйри светового пучка для кристалла ниобата лития в условиях поперечного фазового синхронизма в диапазоне оптического спектра $0,4-0,7$ мкм достижима полоса пропускания фильтра $\sim 0,4-0,3$ нм.

25.03-01.196 Акустооптическая модуляция световых пучков Эйри в кристаллах. *Кулаков С.В., Кулак Г.В., Макаревич А.П., Шакин О.В.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 84-88. Рус.

Исследовано неколлинеарное акустооптическое взаимодействие световых пучков Эйри в кристаллах в условиях сильного взаимодействия. Получены выражения для комплексных амплитуд дифрагированных волн в общем случае анизотропной среды. Показано, что с увеличением безразмерного параметра пучка Эйри эффективность брэгговской дифракции уменьшается. При этом, однако, форма модуляционной кривой остается неизменной. Показано, что наибольшая эффективность анизотропной брэгговской дифракции достигается, когда дифрагированный пучок Эйри распространяется вдоль фронта ультразвуковой волны.

25.03-01.197 Спектрально-поляризационные акустооптические фильтры на основе двуосных кристалла йодноватой кислоты. *Купрейчик М.И., Балацкий В.И., Манцевич С.Н.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 89-93. Рус.

На примере ромбического кристалла йодноватой кислоты проведен анализ характеристик спектрально-поляризационной геометрии дифракции в двуосных кристаллах. Исследована пространственная структура синхронизма и диапазоны акустооптического взаимодействия. Показано, что спектрально-поляризационные фильтры на основе двуосных кристаллов могут заметно превосходить существующие аналогичные приборы по своим характеристикам, что позволяет рассчитывать на их возможное практическое применение.

25.03-01.198 Спиновой угловой момент бесселевых акустических пучков в поперечно-изотропных кристаллах. *Курилкина С.Н., Белый В.Н., Кулаков С.В.* *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 94-98. Рус.

Показано, что бесселевы акустические пучки (БАП), распространяющиеся в поперечно-изотропных кристаллах, обладают спиновым угловым моментом (СУМ), наличие которого обусловлено их поляризационными особенностями. Установлена зависимость СУМ от величины топологического заряда акустического вортекса n . Обнаружено, что спиновой угловой момент обращается в нуль для пучков с $n=0$. Показано, что компрессионный и SV БАП характеризуются как азимутальным, так и продольным СУМ, в то время как для SH поляризованного бесселева пучка отлична от нуля только продольная компонента спинового углового момента. При этом имеет место периодическое изменение направления компонент СУМ при удалении от центра БАП к его периферии, что определяет возможность противоположно направленного движения частиц, находящихся на кольцах бесселева пучка на разном расстоянии от его оси.

25.03-01.199 Акустооптические дисперсионные

устройства импульсной лазерной оптики высокой мощности. *Молчанов В.Я., Юшков К.Б., Кострюков П.В., Науменко Н.Ф., Даринский А.Н.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 104-109. Рус.

Рассматриваются новые и перспективные конфигурации и области применения акустооптических приборов в импульсной лазерной технике: пространственных модуляторов и дисперсионных линий задержки для фемтосекундных лазерных импульсов и модуляторов добротности для наносекундных лазеров. Проведен обзор и анализ перспектив применения новых акустооптических кристаллов и конструкций акустооптических приборов.

25.03-01.200 Исследование характеристик акустооптического фильтра с частотной модуляцией. *Морозов А.И., Пожар В.Э.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 110-115. Рус.

Разработан и собран стенд для проведения экспериментальных исследований частотно модулированного акустооптического фильтра. Разработано соответствующее программное обеспечение для формирования управляющего сигнала и определения спектральных характеристик. Исследовано влияние на форму функции пропускания частотной модуляции по степенному закону.

25.03-01.201 Повышение эффективности акустооптической дифракции за счет использования частично электродизированного пьезопреобразователя. *Никитин П.А.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 116-119. Рус.

Рассмотрены подходы для увеличения энергоэффективности акустооптического модулятора терагерцового излучения на основе сжиженного азота. Показано, что наиболее перспективным из них является частичное покрытие электродом поверхности пьезопреобразователя. Приведены результаты исследования зависимости эффективности акустооптической дифракции от ширины электродизированной области. Установлено, что при покрытии электродом менее 50% поверхности энергоэффективность акустооптического модулятора возрастает в несколько раз. Если же сравнивать с результатами при использовании полностью электродизированного пьезопреобразователя с шириной в два раза меньшей, то энергоэффективность оказывается выше на порядок.

25.03-01.202 Определение коэффициентов взаимовлияния между элементами переизлучающей решетки акустоэлектронных устройств. *Петров П.Н., Кравец Е.В.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 120-125. Рус.

Рассматривается влияние параметров малоапертурных преобразователей на пространственную импульсную характеристику акустоэлектронного устройства обработки сигналов антенных решеток. Приводятся результаты математического моделирования и экспериментальные результаты. Ключевые слова: акустоэлектронные устройства, антенные решетки, малоапертурные встречно-штыревые преобразователи.

25.03-01.203 Акустооптическое взаимодействие беселевых световых пучков в кристалле $\text{LiBi}(\text{MoO}_4)_2$. *Белый В.Н., Хило П.А., Хило Н.А., Ропот П.И., Кулаков С.В.* Волновая электроника и инфокоммуникацион-

ные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 27-32. Рус.

Исследованы особенности анизотропной акустооптической (АО) дифракции беселева светового пучка (БСП) на поперечно-поляризованной плоской акустической волне в кристалле $\text{LiBi}(\text{MoO}_4)_2$ тетрагональной симметрии класса 4/m. Предложена новая оптическая схема АО-дифракции, в которой БСП формируется внутри кристалла из кольцевого падающего пучка. Построена резонансная кривая, и рассчитана эффективность дифракции БСП ограниченного диаметра.

25.03-01.204 Бесселевы акустические пучки в поперечно анизотропных тетрагональных кристаллах. *Белый В.Н., Хило Н.А., Шакин О.В., Хило П.А.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 33-37. Рус.

Исследовано влияние поперечной анизотропии на фазовую скорость и состояние поляризации плоских акустических волн в кристаллах класса 4/m. Для последующего анализа влияния анизотропии на бесселевы акустические пучки (БАП) используется модель БАП как когерентной суперпозиции плоских волн с волновыми векторами, лежащими на конической поверхности. Это позволяет исследовать ряд свойств БАП, используя относительно простые решения уравнений Кристоффеля для плоских волн. Показано, что деструктивное влияние анизотропии всегда возрастает с увеличением угла конуса и наиболее сильно сказывается на БАП, сформированных из квазипоперечных плоских волн. В то же время влияние анизотропии на БАП, сформированных из плоских волн с квазипродольной поляризацией, значительно слабее.

25.03-01.205 Применение поляризационного метода для обнаружения изменений в ТЕО под давлением. *Быков А.А., Хозлов Д.Д., Марченко А.Ю., Элювич Я.А., Аккуратов В.И., Писаревский Ю.В.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 38-44. Рус.

Контроль качества кристаллических материалов востребован в процессе их роста, обработки и эксплуатации. При воздействии внешних факторов в структуре кристаллов могут развиваться дефекты, проявляющиеся при различных прикладываемых к ним нагрузках. В процессе выращивания кристалла не исключено образование дефектов, которые возможно обнаружить только с применением методов высокого разрешения. Рассмотрена возможность применения поляризационного метода, при помощи которого возможно обнаружение изменений в структуре кристалла при приложении внешней нагрузки.

25.03-01.206 Асинхронные высокодобротные STW-резонаторы с секционированными отражательными решетками и постепенным увеличением периода электродов. *Доберштейн С.А., Веремеев И.В., Разгоняев В.К.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 45-51. Рус.

Представлены данные по влиянию секционирования отражательных решеток с аперриодичностью электродов на добротность асинхронных STW-резонаторов. Показано, что использование секционированных отражательных решеток с постепенным увеличением периода электродов приводит к увеличению добротности до 11500 у асинхронных STW-резонаторов в диапазоне частот 700—800 МГц на срезе $\text{UX}/36^\circ+90^\circ$ кварца.

25.03-01.207 Квазиколлинеарная геометрия акустооптического взаимодействия в кристаллах галогени-

дов ртути. *Костылева Е.И., Манцевич С.Н. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 52-56. Рус.

Проведено теоретическое исследование параметров квазилинейного акустооптического (АО) взаимодействия, использующего отражение акустической волны от грани АО-ячейки, в кристаллах галогенидов ртути: хлорида, бромида и йодида ртути. Найдены зависимости скорости распространения ультразвука, угла сноса, разрешения, частоты АО-синхронизма и величины сжатия оптических импульсов от ориентации волнового вектора отраженной акустической волны. Проведено сопоставление полученных результатов с соответствующими зависимостями для кристалла парателлурита.

25.03-01.208 Спектрально-поляризметрические акустооптические фильтры инфракрасного диапазона на основе двусосного кристалла йодида индия. *Купрейчик М.И., Балакиев В.И., Манцевич С.Н. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 57-61. Рус.

Проведен детальный анализ характеристик спектрально-поляризационной геометрии дифракции в двусосном кристалле йодида индия. Рассчитаны основные характеристики акустооптических фильтров, использующих подобные варианты взаимодействия в главных плоскостях. Выявлены оптимальные срезы материала как для фильтрации изображений, так и для решения задач спектрального анализа. Доказана перспективность кристалла йодида индия для перестраиваемых акустооптических фильтров инфракрасного диапазона.

25.03-01.209 Влияние оптоэлектронной цепи обратной связи на спектральное пропускание коллинеарных акустооптических ячеек. *Манцевич С.Н., Смильков Г.Д. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 62-66. Рус.

Наличие расходимости у световых пучков влияет на характеристики акустооптической (АО) дифракции, приводит к снижению эффективности АО-взаимодействия и трансформации аппаратной функции АО-устройств: полоса пропускания увеличивается, а боковые максимумы сглаживаются. Предложено компенсировать влияние расходимости света при помощи цепи оптоэлектронной обратной связи, соединяющей оптический выход АО-ячейки и ее пьезопреобразователь. Показано, что введение обратной связи позволяет уменьшить полуширину и увеличить спектральный контраст аппаратной функции. При этом максимально возможная эффективность АО-дифракции будет по-прежнему определяться расходимостью светового пучка, поскольку наличие обратной связи не влияет на передаточную функцию АО-устройства.

25.03-01.210 О влиянии ширины зазора между секциями электрода на характеристики акустооптического дефлектора на основе оптически изотропной среды. *Никитин П.А. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 67-72. Рус.

Рассмотрена квазиортогональная геометрия акустооптического взаимодействия в оптически изотропной среде. Проведено сравнение акустооптического дефлектора, использующего полностью покрытый электродом пьезоэлектрический излучатель, с дефлектором с секционированным излучателем. Показано, что наличие зазора между секциями электрода должно влиять на характеристики акустооптического дефлектора. Рас-

считаны передаточные функции дефлектора с восемью секциями. Установлено, что при оптимальном угле падения излучения увеличение зазора между секциями электрода приводит к сужению частотной характеристики дефлектора, тогда как при угле падения излучения, соответствующем провалу в 50% в центре частотной характеристики, рабочая полоса частот дефлектора наоборот расширяется при увеличении зазора между секциями электрода.

25.03-01.211 Акустические свойства кубического кристалла KRS-5. *Хоржин В.С., Манцевич С.Н., Кузнецов М.С., Зараменский К.С., Субботин К.А. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023, с. 95-100. Рус.

Исследованы акустические свойства кубического кристалла KRS-5, который может быть использован для создания акустооптических приборов, работающих в видимом, ближнем, среднем и длинноволновом инфракрасных диапазонах. В работе представлены как результаты расчетов акустических характеристик кристалла KRS-5, так и данные их измерений. Изучено затухание продольных и сдвиговых акустических волн, распространяющихся вдоль оси симметрии материала. Измерения проводились акустооптическим методом на частоте ультразвука $f=100$ МГц, при этом величины затухания оказались равными $\alpha_L=0,9\pm 0,1$ см⁻¹ и $\alpha_S=2,9\pm 0,1$ см⁻¹.

25.03-01.212 Лабораторная установка для исследования характеристик пьезоэлементов электроакустических преобразователей. *Староверова Я., Баранов А.Д., Перегудов А.Н., Шевелько М.М. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 362-367. Рус.*

Описана разработанная установка и принцип выполнения лабораторной работы по исследованию характеристик пьезоэлементов электроакустических преобразователей. Представлены результаты измерений скоростей распространения на базе разработанной установки.

25.03-01.213 Автоколебательные режимы в акустооптическом генераторе. *Балакиев В.И., Манцевич С.Н., Купрейчик М.И. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 19-23. Рус.

Работа является продолжением исследований, которые были представлены на конференции WECONF-2023. Основное внимание уделено выяснению физических особенностей поведения оптоэлектронного генератора с коллинеарной геометрией акустооптического взаимодействия при различных параметрах и режимах работы акустооптической ячейки, в которой сигнал обратной связи формируется за счет эффекта оптического гетеродинамирования. Рассмотрены процессы установления различных типов колебаний в зависимости от коэффициента обратной связи и фазовых соотношений между взаимодействующими световыми пучками.

25.03-01.214 Акустооптическое управление параметрами пучков бесселева типа в дальней зоне с использованием одноосных кристаллов TeO₂ и NaBi(MoO₄)₂. *Белый В.Н., Хило Н.А., Варанецкий А.М., Ропот П.И., Хило П.А., Агайков А.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 29-33. Рус.

Теоретически и экспериментально изучены особенности брэгговской дифракции кольцевых световых пучков на продольной ультразвуковой волне, распространяющейся вдоль оптической оси кристаллов TeO₂ и NaBi(MoO₄)₂. Показано, что дифрагированный пучок в дальней зоне трансформируется в пучок

бесселева типа, содержащий интенсивный центральный максимум и несколько слабоинтенсивных боковых колец. Исследована зависимость осевой интенсивности таких малокольцевых пучков, а также их пространственная поперечная структура от продольной координаты на больших расстояниях. Полученные результаты перспективны для разработки методов модуляции и управления параметрами излучения в системах беспроводной оптической связи.

25.03-01.215 Моделирование оптической системы визуального колориметра на базе акустооптического фильтра. *Беляева А.С., Польщикова О.В., Сударев А.А.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 34-38. Рус.

Цветовое зрение человека активно исследуется в офтальмологии, нейрофизиологии, при диагностике различных видов заболеваний. Однако оно до сих пор не было полностью исследовано в связи с отсутствием прибора (визуального колориметра), позволяющего полностью охватить цветовое пространство XYZ. Для этого необходимо обеспечить управление спектральным составом излучения, а именно обеспечить возможность выделения узкой спектральной линии во всем видимом диапазоне, управления количеством выделенных спектральных линий, их положением, интенсивностью и шириной. Такое управление позволяет осуществить полихроматический акустооптический фильтр. В работе рассмотрены принципиальные оптические схемы визуального колориметра на базе полихроматического акустооптического фильтра для исследования цветового зрения стандартного колориметрического наблюдателя в соответствии со стандартами МКО 1931 и 1964 г.

25.03-01.216 Калибровочная плата для зондовых измерений S-параметров акустоэлектронных устройств на пластине. *Ворожцов А.Л., Гарифулина А.Т., Сунцова И.В., Чернявская М.В.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 39-45. Рус.

Работа посвящена разработке калибровочной платы с набором тонкопленочных калибровочных мер SOLT (K3, XX, SN 50 Ом и Перемычка) для зондовых измерений S-параметров акустоэлектронных устройств на пластине. Особенностью заявленной платы являются дополнительные калибровочные меры SOLT конструкции SG-GS и GS-SG для калибровки акустоэлектронных устройств с несимметричным расположением контактных площадок ввода/вывода сигнала относительно друг друга.

25.03-01.217 Акустический датчик оледенения на эллиптических, сдвиговых и продольных волнах пьезоэлектрической пластины. *Воронова Н.В., Анисимкин В.И., Кузнецова И.Е., Смирнов А.В., Горнев Е.С.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 46-51. Рус.

На примере структур, состоящих из входного и выходного встречно-штыревых преобразователей (период $\lambda=300$ мкм), нанесенных на пьезопластины YZ-LiNbO₃ и ST,X-кварца (толщина $h=500$ мкм) экспериментально показано, что с помощью волн Лэмба, имеющих разную поляризацию и слабые радиационные потери ($\leq 0,5$ дБ/мм), можно исследовать фазовые переходы жидкость-лед и лед-жидкость в реальном масштабе времени. Тестируемая жидкость наносится в зазор между преобразователями и при изменении агрегатного состояния вещества приводит к дополнительному акустическому поглощению. Величина поглощения слабо зависит от температуры, сильно — от сорта жидкости (льда) и поэтому идеальна для исследования фазовых переходов. Температуры переходов и величины дополнительных потерь измерены для тяжелой воды, дистил-

лированной воды и водного раствора NaCl. Плавление льда и затвердевание жидкости всегда сопровождаются одинаковыми уменьшениями/увеличениями акустических потерь, а сами переходы могут возникать как при одинаковых (тяжелая вода), так и разных (дистиллированная вода, водный раствор NaCl) температурах.

25.03-01.218 Оценка эффективности поглотителей поперечных ультразвуковых волн в акустооптических ячейках из парателлуриата. *Давыдова Е.А., Титов С.А.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 57-61. Рус.

Предложен метод оценки эффективности поглотителя ультразвуковых волн в акустооптических приборах из парателлуриата, основанный на регистрации поперечной волны в эхомпульсном режиме. Показано, что эффективность поглотителя может быть оценена по изменению амплитуды принимаемого сигнала до и после нанесения поглотителя.

25.03-01.219 Узкополосные высокочастотные фильтры на STW с малыми потерями. *Доберштейн С.А., Веремеев И.В., Разгоняев В.К.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 62-70. Рус.

Рассмотрены узкополосные фильтры на STW с LC-согласованием на диапазон частот 500—1280 МГц с относительной полосой пропускания $\Delta f/f_0=0,07-0,11\%$, вносимыми потерями 2,0—2,2 дБ. Фильтры построены по лестничной и двухпреобразовательной структурах на асинхронных резонаторах с высокой добротностью на срезе YX/36°+90° кварца.

25.03-01.220 Исследование разноцветных покрытий изображений с использованием акустооптического мультиспектрального сканирования. *Дьяконов Е.А., Поликарпова Н.В.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 71-75. Рус.

Изучалась перспектива использования акустооптических методов для мультиспектральной съемки в области искусственного интеллекта. Для этой цели был создан набор образцов, имитирующих карандашный набросок под слоем масляной краски. Акустооптический метод исследования позволил визуализировать изображение, находящееся под красочным слоем.

25.03-01.221 Структура акустического поля в квазилинейных акустооптических ячейках на основе кристалла диоксида теллура. *Костылева Е.И., Манцевич С.Н.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 80-84. Рус.

Экспериментально изучено влияние акустической анизотропии кристалла диоксида теллура на структуру акустического поля в акустооптических (АО) квазилинейных ячейках. Полученные результаты могут быть использованы для увеличения эффективности акустооптических дисперсионных линий задержки, применяемых для управления фемтосекундными лазерными импульсами.

25.03-01.222 Получение перестраиваемых оптических частотных гребенок в широкоугольных акустооптических ячейках на основе дуального кристалла LiNa₅Mo₉O₃₀. *Купрейчик М.И., Балацкий В.И.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть

3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 90-94. Рус.

Исследована возможность использования широкоапертурной геометрии акустооптического взаимодействия в ромбическом кристалле $\text{LiNa}_5\text{Mo}_9\text{O}_{30}$ для генерации перестраиваемых оптических частотных гребенок в схеме с акустооптической ячейкой в петле сдвига частоты. Выполнены расчеты спектральной полосы пропускания и частотного диапазона акустооптических ячеек, использующих варианты такой геометрии в плоскости оптических осей. Основное внимание уделено режиму ахроматической широкоапертурной дифракции света. Проведены оценки ширины генерируемой с использованием такого режима взаимодействия оптической гребенки, а также интервала перестройки ее периода. Доказана перспективность кристалла $\text{LiNa}_5\text{Mo}_9\text{O}_{30}$ для получения перестраиваемых оптических гребенок в стандартном телекоммуникационном диапазоне.

25.03-01.223 Формирование акустических пучков бесселева типа для акустической подводной связи. Курилкина С.Н., Белый В.Н., Хило Н.А., Кулаков С.В. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 95-100. Рус.

Предложена схема на основе двух аксионов, позволяющая формировать малокольцевые акустические пучки бесселева типа с центральным интенсивным максимумом и малым числом боковых колец. Малое число колец в поперечном распределении интенсивности, подавленная расходимость центрального максимума на больших расстояниях (вплоть до десятков километров) и способность к самореконструкции волнового фронта обуславливают перспективность использования таких пучков бесселева типа для систем подводной связи.

25.03-01.224 Наблюдение мультистабильности в акустооптическом генераторе. Манцевич С.Н., Балацкий В.И. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 101-105. Рус.

Представлены результаты исследования мультистабильности в акустооптической (АО) системе с обратной связью, работающей над порогом возбуждения при отсутствии внешнего ВЧ генератора. Обратная связь соединяет оптический выход и пьезопреобразователь АО ячейки. Частота ультразвука в АО ячейке и соответствующая частота радиосигнала в цепи обратной связи определяются условием АО синхронизма для выбранной длины волны светового излучения, наличие мультистабильности зависит от величины сдвига фазы электрического сигнала, вносимого фазовращателем и временем задержки в цепи обратной связи.

25.03-01.225 Акустооптические и акустические свойства оптически двусонных кристаллов на основе лития. Мильков М.Г., Хоркин В.С., Веденягин В.Н., Лобанов С.И. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 106-110. Рус.

На примере соединения селеноиндата лития (LiInSe_2), представлены результаты экспериментальных измерений акустических и акустооптических свойств оптически двусонных монокристаллов на основе лития. Приведены величины измеренных скоростей продольных акустических волн, распространяющихся вдоль кристаллографических осей кристалла, а также определены коэффициенты акустооптического качества M_2 при дифракции оптического излучения на этих акустических волнах. На основе полученных экспериментальных данных рассчитаны значения трех упругих постоянных — c_{11} , c_{22} и c_{33} и величины девяти коэффициентов фофоупругости p_{ij} , отвечающих за эффективность акустооптического взаимодействия на про-

дольных акустических волнах.

25.03-01.226 Акустооптическая дифракция терагерцевого излучения с использованием секционированного излучателя ультразвука. Никитин П.А. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 111-115. Рус.

Для увеличения рабочей полосы частот акустооптического дефлектора предложено использовать секционированный излучатель ультразвука с шириной зазора между секциями в 20% от длины секции. Выполнен цикл экспериментов по исследованию акустооптической дифракции терагерцевого излучения с таким излучателем. Установлено, что при синфазной подаче сигнала на соседние секции излучателя рабочая полоса частот ультразвука увеличилась в 1,5 раза по сравнению с несекционированным излучателем, а рабочий диапазон углов падения излучения увеличился в 2 раза, при этом эффективность дифракции уменьшилась на 20%. Использование противозазного режима подачи сигнала на соседние секции позволило увеличить эффективность дифракции в 2 раза по сравнению с синфазным режимом, тогда как рабочая полоса углов падения излучения не изменилась.

25.03-01.227 Малогабаритный акустооптический видеоспектрометр. Поляков М.П., Баландин И.А., Золотухина А.А., Нестеров Г.В., Пожар В.Э. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 116-121. Рус.

Разработан малогабаритный акустооптический видеоспектрометр видимого и ближнего ИК диапазонов спектра (0,45–0,85 мкм). Представлены его оптические и технические характеристики, описаны конструктивные особенности. Продемонстрировано его использование в задачах сельского хозяйства.

25.03-01.228 Люминесцентный акустооптический видеоспектрометр УФ диапазона спектра. Поляков М.П., Качарова А.Я., Глазков В.В. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 122-129. Рус.

Представлен люминесцентный акустооптический видеоспектрометр УФ диапазона спектра на основе неколлинеарного акустооптического перестраиваемого фильтра из кристаллического кварца. Данный видеоспектрометр предназначен для регистрации спектральных изображений плоских объектов, люминесцирующих в спектральном диапазоне от 330 до 400 нм. Разработанный видеоспектрометр обладает высоким качеством изображения, однако имеет крайне низкую светосилу и сложную конструкцию.

25.03-01.229 Акустические и акустооптические свойства теллуридного стекла $\text{Ga}_{10}\text{GeTe}$. Хоркин В.С., Костылева Е.И., Вельмузов А.П., Тюрина Е.А., Суханов М.В., Ширяев В.С. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 141-144. Рус.

Экспериментально исследованы акустические и акустооптические свойства теллуридного стекла $\text{Ga}_{10}\text{Ge}_{15}\text{Te}_{75}$. Представлены результаты измерений скорости продольной и сдвиговой акустических волн в стекле, определены величины акустооптического качества в случае дифракции на этих волнах. Измерения проводились для длины волны оптического излучения $\lambda=3,39$ мкм. На основе полученных результатов произведено сравнение акустических и акустооптических свойств стекла $\text{Ga}_{10}\text{Ge}_{15}\text{Te}_{75}$ с другими теллуридными стеклами.

25.03-01.230 Акустооптические и акустические свойства оптически двуосных кристаллов на основе лития. Мильков М.Г., Хоржин В.С., Веденягин В.Н., Лобанов С.И. *Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3.* СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 106-110. Рус.

На примере соединения селенинда лития (LiInSe₂), представлены результаты экспериментальных измерений акустических и акустооптических свойств оптически двуосных монокристаллов на основе лития. Приведены величины измеренных скоростей продольных акустических волн, распространяющихся вдоль кристаллографических осей кристалла, а также определены коэффициенты акустооптического качества М 2 при дифракции оптического излучения на этих акустических волнах. На основе полученных экспериментальных данных рассчитаны значения трех упругих постоянных — с 11, с 22 и с 33 и величины девяти коэффициентов фотоупругости p_{ij} , отвечающих за эффективность акустооптического взаимодействия на продольных акустических волнах.

25.03-01.231 Оптимизация пьезоэлектрического генератора изгибных колебаний с активным пьезомагнитным слоем на основе сочетания метода конечных элементов и генетического алгоритма. До Т.В. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2021, № 3, с. 11-17. Рус.

Конструкция пьезоэлектрического генератора (ПЭГ) для устройства накопления энергии оказывает значительное влияние на характеристики электромеханического преобразования. ПЭГ и оптимальный выбор его геометрических параметров являются важной предпосылкой для обеспечения эффективности электромеханического преобразования. В статье рассматривается модель ПЭГ на основе круглой трехслойной пластины в пакете ANSYS. Два пьезоактивных слоя — пьезоэлектрический и пьезомагнитный — приклеены на стальную подложку. Программа, построенная в пакете MATLAB, позволяет управлять скриптами ANSYS для нахождения зависимости коэффициента электромеханической связи от геометрических параметров объекта. Генетический алгоритм используется для определения максимального значения коэффициента электромеханической связи при изменении радиуса и толщины слоев в определенных пределах. Таким образом, определяется набор геометрических размеров для достижения наилучшей эффективности преобразования энергии ПЭГ. После применения алгоритма оптимизации коэффициент электромеханической связи увеличивается на 34% по сравнению с результатами предыдущих исследований.

25.03-01.232 Градиентная модель изгиба неоднородной пьезоэлектрической балки. Ватумлян А.О., Нестеров С.А. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2022, № 4-1, с. 10-20. Рус.

Исследована задача изгиба горизонтально неоднородной пьезоэлектрической кантилеверной балки с учетом масштабных эффектов. Нижняя и верхняя поверхности балки электродированы. Рассмотрены три вида нагружения: равномерно распределенной по длине нагрузкой; поперечной силой на другом торце балки; подачей электрического потенциала на верхний электрод. Изгиб балки моделируется на основе гипотез Эйлера—Бернулли и квадратичного распределения электрического потенциала. На основе применения вариационного принципа градиентной электроупругости получена система дифференциальных уравнений изгиба и электростатики, а также расширенный спектр граничных условий. Для нахождения изгибающего момента и прогиба срединной линии однородной балки получены точные аналитические выражения. В случае неоднородной балки при больших значениях масштабного параметра решение построено на основе метода пристрелки. На конкретных примерах проведены вычисления моментов и прогиба в случае как однородной, так и неоднородной балки. Выяснено влияние механического и электростатического градиентных параметров, коэффициента электромеханической связанности, па-

раметра неоднородности на распределение прогибов.

25.03-01.233 Акустические свойства композита алюминий-полистирол. Смирнов А.В., Анисимкин В.И. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024, 16, № 4, с. 435-440. Рус.

Представлены результаты экспериментальных исследований акустических свойств композита алюминий-полистирол со связностью 0–3. Получены зависимости скорости и затухания продольных объемных акустических волн (ОАВ) в композите на частоте 17 МГц, а также его плотности и акустического импеданса, от объемного содержания в нем частиц алюминия, в диапазоне 0–80%. Показано, что увеличение объемной доли частиц наполнителя в составе композита алюминий-полистирол приводит к существенным изменениям его физических свойств — плотности и акустического импеданса — почти в 2 раза, скорости продольных волн — на 17% и акустического затухания — в 25 раз. Скорость и затухание являются, соответственно, наименее и наиболее чувствительными параметрами к составу композита. Зависимости имеют нелинейный характер, это связано возникновением воздушных включений, межзерненным взаимодействием частиц алюминия и, как следствие, ухудшением межфазного взаимодействия и структурной организации композитного материала.

25.03-01.234 Исследование щелевой моды в структуре, включающей линию задержки и резонирующую пьезоэлектрическую пластину. Зайцев Б.Д., Телых А.А., Бородина И.А., Семёнов А.П. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024, 16, № 4, с. 449-456. Рус.

Представлены результаты экспериментального и теоретического исследования структуры, включающей линию задержки на основе пластины ниобата лития Y-X среза с двумя встречно-штыревыми преобразователями для возбуждения и приема акустической волны с поперечно-горизонтальной поляризацией в диапазоне частот 1.5–2.2 МГц. Толщина пластины составляла 0.35 мм. Над линией задержки между преобразователями с некоторым зазором располагалась резонирующая пластина ниобата лития. Исследовались резонирующие пластины Z-X, Y-X-140° и Y-X+155° кристаллографических срезов. При подаче ВЧ напряжения на входной преобразователь на частотной зависимости полных потерь наблюдались ярко выраженные пики резонансного поглощения. Установлено, что с ростом ширины зазора между пластинами глубина резонансных пиков монотонно уменьшается и пики плавно исчезают. При этом для большинства пиков с ростом ширины зазора добротность уменьшается. Проведенный теоретический анализ таких структур показал хорошее соответствие теоретических результатов экспериментальным данным. Разработанная структура показывает перспективу ее использования для многопараметрического анализа различных жидкостей.

25.03-01.235 Акустические эффекты на волноводных микроструктурах в кремнии. Acoustic effects on waveguide microstructures in silicon. Puryrev P.D., Nedospasov I.A., Kuznetsova I.E. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024, 16, № 7, с. 837-846. Англ.

Basic waveguide structures in anisotropic monocrystalline silicon medium are investigated for the existence of localized acoustic modes. The geometries of the structures were determined by technological methods and the practice of anisotropic etching, which guarantees reproducible high-quality structures in terms of geometric and crystallographic parameters. The acoustic effects were modeled by semi-analytical finite element method in the problems on eigenvalues and on the response to a harmonic traction source. Edge and surface localized modes were found. The spectral composition of the localized modes was interpreted on the basis of the surface acoustic wave slowness curves. Pseudomodes, highly localized leakage waves, were detected in a number of considered structures. The obtained results allow to evaluate promising geometrical configurations for further detailed study of the complete scope of dispersion properties of both single waveguides and their finite set.

25.03-01.236 Обоснование возможности использова-

ния гидродинамической модели вязкой несжимаемой жидкости при моделировании на программном пакете излученного поля электроосмотического электроакустического излучателя. *Шарфарец Б.П. Науч. приборостр.* 2023. 33, № 3, с. 117-124. Рус.

Обосновывается возможность использования гидродинамической модели вязкой, несжимаемой, теплопроводящей жидкости для расчета параметров электроосмотического течения в пористой среде, наполненной жидкостью, в условиях приложения к этой среде постоянного и переменного электрических полей. Приводятся условия перехода к этой модели от модели вязкой, сжимаемой жидкости. Указываются границы параметров задачи, в частности границы скоростей течения и частотные ограничения для оправданности такого перехода. Полученные результаты могут быть использованы при моделировании указанных процессов на вычислительных пакетах.

25.03-01.237 Исследование импеданса широкополосного акустического пьезопреобразователя, составленного из разночастотных излучателей (краткое сообщение). *Давыдов Д.А., Нерук В.Ю., Пивнев П.П. Науч. приборостр.* 2023. 33, № 4, с. 56-59. Рус.

Построение гидроакустических систем подводного наблюдения связано с соблюдением некоторых необходимых требований их характеристик. Одной из них является высокая разрешающая способности по дистанции. Разрешающая способность по дистанции определяется шириной полосы излучаемых и принимаемых сигналов, а, следовательно, и широкополосностью преобразователей, используемых в антенной системе. Широкополосность преобразователей достигается различными способами. Использование традиционных методов расширения полосы частот активной или пассивной нагрузкой, применение специальных материалов для преобразователей, применение параметрических режимов излучения акустических сигналов. Одним из вариантов построения таких преобразователей может быть использование разночастотных составляющих пьезоэлементов в одном преобразователе, механически связанных по полю. При этом необходимо учитывать добротность каждой из нагруженных колебательных систем, причем должны учитываться не только активная нагрузка на излучение, но и демпфирование частей преобразователя конструктивными элементами.

25.03-01.238 Субтрагерцовые акустические солитоны в условиях генерации второй гармоники. *Сазонов С.В. Письма в ЖЭТФ.* 2025. 121, № 6, с. 484-490. Рус.

Проведено аналитическое исследование импульсного режима генерации второй акустической гармоники субтрагерцового диапазона в парамагнитном кристалле. Получено точное решение соответствующих нелинейных волновых уравнений для медленно меняющихся амплитуд в виде двухчастотного солитона при отсутствии фазового и группового синхронизмов и в условиях равенства нулю параметра дисперсии групповой скорости на частоте второй гармоники. Показано, что солитон формируется при относительной близости несущей частоты входного импульса к спектральной линии квантового перехода между зеемановскими подуровнями примесных парамагнитных ионов.

См. также **25.03-01.53, 25.03-01.54, 25.03-01.55, 25.03-01.105, 25.03-01.106, 25.03-01.132, 25.03-01.133, 25.03-01.134**

Акустические явления в метаматериалах

См. **25.03-01.69, 25.03-01.96**

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

25.03-01.239 Визуализация внутренних структур биообъектов на основе 2-й гармоники ультразвуковых волн. *Варенижова А.Ю., Чернов Н.Н. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелиней-*

ная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 60-66. Рус.

Рассмотрены свойства В-изображений, получаемых на основной гармонике и на втором гармоническом сигнале. Показано, что изображение, полученное на основе второй гармоники, более четкое, нежели изображение, построенное на основе основной частоты. Свойства В-изображений говорят о том, что визуализация амплитуды эхо-сигналов не является лучшим способом отображения информации, содержащейся в ультразвуковых сигналах.

25.03-01.240 Моделирование эритроцитов для оптоакустической диагностики. *Кравчук Д.А. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 222-225. Рус.

Рассмотрен метод экспресс-анализа крови человека с использованием оптоакустического эффекта. Целью исследования являлась разработка математических моделей эритроцитов для определения гематокрита оптоакустическим методом. Полученные двумерные и трехмерные модели тканей используются для расчета акустического сигнала формируемого в результате оптоакустического эффекта для определения количества эритроцитов и их формы.

25.03-01.241 Обоснование эмпирических уравнений состояния Боднера—Партома при квазистатическом деформировании материалов в рамках акустопластического эффекта. *Глазов А.Л., Муратиков К.Л., Сухарев А.А. Физика твердого тела.* 2025. 67, № 2, с. 223-226. Рус.

В рамках модифицированной модели акустопластического эффекта рассмотрены процессы упругой и пластической деформации материалов. Проанализированы условия, при которых она приводит к широко используемой эмпирической модели Боднера—Партома (Bodner—Partom) для описания экспериментальной зависимости напряжения от деформации. Определены границы применимости этой эмпирической модели. Определена связь параметров модели Боднера—Партома с такими параметрами материала, как напряжение внутреннего трения, активационный объем дефектов, время их релаксации и их равновесной концентрацией, а также с параметром, характеризующим степень взаимодействия дефектов. Ключевые слова: зависимость напряжения-деформация, скорость пластической деформации, релаксация дефектов.

25.03-01.242 Применимость и точность подходов обработки температурных кинетик в методиках классической и пьезорезонансной лазерной калориметрии. *Зотов К.В., Остапив А.Ю., Терещенко Н.В., Рябушкин О.А. Оптика и спектроскопия.* 2025. 133, № 1, с. 73-81. Рус.

Получены выражения для поправочных коэффициентов, позволяющие учесть влияние конечной теплопроводности образца на измерение коэффициента оптического поглощения методами лазерной калориметрии (ЛК) и пьезорезонансной лазерной калориметрии (ПРЛК), из которых ПРЛК значительно более устойчив к эффектам конечной теплопроводности образца, чем ЛК. На практике основным источником ошибок определения коэффициента поглощения методом ПРЛК оказывается непостоянство температуры окружающей среды и коэффициента теплоотдачи кристалла с окружающей средой. Предложены модификации методов, позволяющие частично учесть неидеальные условия проведения эксперимента. Полученные поправочные коэффициенты могут расширить область применимости методов ПРЛК и ЛК на образцы больших линейных размеров или низкой теплопроводности. Ключевые слова: оптическое поглощение, лазерная калориметрия, уравнение теплопроводности, пьезорезонансная лазерная калориметрия, пьезоэлектрический резонанс.

См. также 25.03-01.53, 25.03-01.54, 25.03-01.55, 25.03-01.105, 25.03-01.106, 25.03-01.132, 25.03-01.133, 25.03-01.134, 25.03-01.139, 25.03-01.140, 25.03-01.141, 25.03-01.142, 25.03-01.143, 25.03-01.144, 25.03-01.145, 25.03-01.146, 25.03-01.147, 25.03-01.148, 25.03-01.149, 25.03-01.150, 25.03-01.151, 25.03-01.152, 25.03-01.153, 25.03-01.154, 25.03-01.155, 25.03-01.156, 25.03-01.157, 25.03-01.158, 25.03-01.159, 25.03-01.160, 25.03-01.161, 25.03-01.162, 25.03-01.163, 25.03-01.164, 25.03-01.165, 25.03-01.166, 25.03-01.167, 25.03-01.168, 25.03-01.169, 25.03-01.170, 25.03-01.171, 25.03-01.172, 25.03-01.173, 25.03-01.174, 25.03-01.175, 25.03-01.176, 25.03-01.177, 25.03-01.178, 25.03-01.179, 25.03-01.180, 25.03-01.181, 25.03-01.182, 25.03-01.183, 25.03-01.184, 25.03-01.185, 25.03-01.186, 25.03-01.187, 25.03-01.188, 25.03-01.189, 25.03-01.190, 25.03-01.191, 25.03-01.192, 25.03-01.193, 25.03-01.194, 25.03-01.195, 25.03-01.196, 25.03-01.197, 25.03-01.198, 25.03-01.199, 25.03-01.200, 25.03-01.201, 25.03-01.202, 25.03-01.203, 25.03-01.204, 25.03-01.205, 25.03-01.206, 25.03-01.207, 25.03-01.208, 25.03-01.209, 25.03-01.210, 25.03-01.211, 25.03-01.213, 25.03-01.214, 25.03-01.215, 25.03-01.216, 25.03-01.217, 25.03-01.218, 25.03-01.219, 25.03-01.220, 25.03-01.221, 25.03-01.222, 25.03-01.223, 25.03-01.224, 25.03-01.225, 25.03-01.226, 25.03-01.227, 25.03-01.228, 25.03-01.229, 25.03-01.230

Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

25.03-01.243 Использование корреляционного и некорреляционного приема в пассивной акустической термометрии. *Грановский Н.В. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 125-134. Рус.*

В ряде медицинских процедур: при гипертермии и термоабляции, в диагностике, в том числе, в ранней диагностике, при контроле адресной доставки лекарств в термолипосомальной оболочке и т. д. — необходимо осуществлять безболезненные неинвазивные измерения глубинной температуры тела человека. Одним из методов, рассматриваемых сейчас, предлагается пассивная акустическая термометрия, основанная на регистрации собственного теплового акустического излучения организма человека. В пассивной акустической термометрии можно использовать корреляционный или некорреляционный прием теплового излучения. Использование корреляционного приема основано на том, что измеренное на двух приемниках тепловое излучение будет коррелировать согласно теореме Ван Циттерта—Цернике, что в свою очередь связано с тем, что приемное устройство имеет конечную полосу пропускания, в результате чего возникает временная корреляция регистрируемого теплового сигнала. В настоящей работе освещается использование корреляционного и некорреляционного приема теплового акустического излучения, применяемых в пассивной термометрии. Рассматривая преимущества и недостатки обоих видов приема, отметим, что корреляционный прием позволяет существенно повысить пространственное разрешение метода. В то время, как предел разрешения при некорреляционном приеме обратно пропорционален размеру приемника, при корреляционном приеме — расстоянию между крайними датчиками в приемной решетке.

См. также 25.03-01.129

Химические процессы и фазовые переходы при воздействии ультразвука

См. 25.03-01.108

Источники ультра- и гиперзвука, аппаратура и методы измерений

25.03-01.244 Использование робастных методов обработки сигналов в ультразвуковой дефектоскопии.

Корнилов В.С., Морозов А.П. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 139-144. Рус.

Целью данной статьи является обоснование целесообразности использования робастной обработки сигналов в ультразвуковой дефектоскопии. В реальных условиях функционирования ультразвукового дефектоскопа априорная информация о плотности распределения помехи или сигнала известна лишь частично. В связи с этим большой интерес представляет разработка и использование в УЗ дефектоскопии функционально устойчивых методов обнаружения сигналов, обладающих свойством сохранять в некоторых пределах свои характеристики при небольших изменениях плотности распределения вероятности помехи. Надёжная и устойчивая работа систем обнаружения при априорной неизвестности и изменяющихся внешних условиях функционирования реализуется робастными методами, имеющими простую техническую реализацию. В результате робастные обнаружители более предпочтительны при разработке приборов неразрушающего контроля и УЗ дефектоскопов. Ключевые слова: робастный; ультразвуковой; дефектоскопия; сигнал; помеха; неразрушающий контроль.

25.03-01.245 Электронный экскурсовод для научно-технических музеев. *Кравчук Д.А., Даннижов А.В., Онищенко К.С., Пивнев П.П. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 190-197. Рус.*

Целью данной работы является разработка параметрической антенны для практического использования в музеях, картинных галереях и т.д., для воспроизведения звуковой информации перед отдельными экспонатами на ограниченной площади. Суть изобретения — использование двух лучей ультразвуковых волн постоянной амплитуды, направленных таким образом, чтобы область пересечения этих лучей образовалась в том месте, где необходимо воспроизвести звуковую информацию, причем один из лучей фазомодулированным звуковым сигналом с помощью фазосдвигающих цепей.

См. также 25.03-01.239

Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

25.03-01.246 Детектирование жидкостей и их трансформации в лед с помощью ультразвуковых волн Лэмба новой модификации. *Анисимкин В.И., Воронцова Н.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 129-136. Рус.*

На примере пластин пьезоэлектрического кварца численно предсказано и экспериментально подтверждено существование новой модификации волн Лэмба с эллиптической поляризацией в плоскости пластины, которая сохраняется на всех глубинах от поверхности при всех толщинах пластины. Благодаря малому вертикальному смещению радиационное излучение волн в прилегающую жидкость слабо. В то же время из-за значительных колебаний в сдвигово-горизонтальном и продольном направлениях поглощение волн резко увеличивается с ростом вязкости жидкости (на 27 дБ для глицерина) и при трансформации жидкости в лед (на 50 дБ при замерзании воды). Поэтому использование этих волн может оказаться полезным в ряде приложений, таких как детектирование льдообразования на крыльях самолетов, корпусах кораблей, автомобильных дорогах и пр.

25.03-01.247 Принципы и области применения сканирующей акустической микроскопии. *Титов С.А. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный*

университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 136-140. Рус.

Рассмотрены основные принципы ультразвуковой визуализации в сканирующей акустической микроскопии. Показано, что формируемый акустическим микроскопом пространственно-временной сигнал отображает распределение вариаций упруго-вязкостных свойств исследуемого объекта. Приведены примеры использования сканирующего акустического микроскопа в неразрушающем контроле, биомедицинских приложениях и для визуализации полей акустооптических приборов, демонстрирующие его информативность.

25.03-01.248 Нормирование измерительных шкал мер СО-2 и СО-3 для ультразвукового контроля по ГОСТ Р 55724-2013. *Зубарев А.С. Приборы.* 2024, № 10, с. 45-49. Рус.

Рассмотрена взаимосвязь точности нанесения рисок шкалы на мере СО-2 с погрешностью определения угла ввода наклонного пьезоэлектрического преобразователя. Установлена зависимость между скоростью поперечной волны в мере СО-2 и погрешностью угла ввода наклонного пьезоэлектрического преобразователя. Сформулированы требования к измерительным шкалам мер СО-2, при выполнении которых уменьшается погрешность измерения угла ввода наклонного пьезоэлектрического преобразователя.

25.03-01.249 Ультразвуковой контроль заготовок из композиционных материалов. *Шмаков А.М., Головинская Н.В., Гинзбург Т.В. Приборы.* 2024, № 10, с. 50-54. Рус.

Представлены результаты экспериментальных исследований по ультразвуковому контролю качества заготовок из композиционных материалов и возможности средств ультразвукового контроля для контроля качества заготовок из композиционных материалов. Выбраны информативные параметры и схемы контроля, и оценена точность проведенных измерений. Сформулированы направления дальнейших исследований.

25.03-01.250 Опробование лазерно-ультразвукового метода контроля усилия затяжки специальных резьбовых соединений. *Выченко В.А., Попова Ю.А., Алифанова И.Е., Беркутов И.В., Шкурупий В.А. Приборы.* 2025, № 1, с. 42-47. Рус.

С целью обоснования применимости лазерно-ультразвукового метода для контроля усилия затяжки специальных резьбовых соединений проведены экспериментальные исследования по измерению скорости распространения продольной ультразвуковой волны по длине болтов специальных резьбовых соединений с помощью лазерно-ультразвукового дефектоскопа УДЛ-2М и оптико-акустического преобразователя П111-ОГ. В результате проведенных исследований установлено, что, несмотря на геометрические особенности объектов контроля, выбранный метод и средства контроля обеспечивают регистрацию ультразвуковых сигналов, прошедших по длине болтов специальных резьбовых соединений и отраженных от донной поверхности (донных сигналов). Установлена взаимосвязь между действующими в материале болтов механическими напряжениями и скоростью распространения продольной ультразвуковой волны, что подтверждает применимость лазерно-ультразвукового метода для контроля растягивающих механических напряжений, действующих в материале болтов при затяжке.

25.03-01.251 Исследование особенностей обработки и отображения результатов автоматизированного ультразвукового контроля качества изделий аддитивного производства. *Сергеев А.С., Коняшов В.В., Сергеев Д.С., Федоров А.В. Приборы.* 2025, № 2, с. 23-30. Рус.

Проведен анализ особенностей формирования и регистрации ультразвукового сигнала. В результате анализа установлено, что для изделия с допустимой пористостью возможно применение ультразвукового контроля для определения наличия крупных дефектов, а также для обнаружения микротрещин, включений, пор. Данные типы дефектов возможно выявлять с применением эхо-метода. Разработан алгоритм обработки и отображения результатов автоматизированного ультразвукового контроля качества изделий аддитивного производства с при-

менением нейросетевых алгоритмов. Разработанная нейросетевая модель позволяет обнаруживать дефекты с вероятностью не ниже 0,7.

25.03-01.252 Акустический контроль лазерных импульсов при обработке металлокерамических твердых сплавов. *Acoustic monitoring of laser pulses in processing of metal-ceramic hard alloy. Grigoriev S.N., Kozochkin M.P., Volosova M.A., Okunkova A.A. Контроль. Диагностика.* 2024, № 12, с. 33-41. Англ.

This work is devoted to studying the relationship between the factors of processing with laser pulses of T15K6 hard alloy, the parameters of acoustic emission, and process productivity. The laser source was a pulsed fiber laser with a wavelength of 1064 nm, a power of 20 to 60 W, and pulse duration of 250 to 500 ns. The main dependencies for the lower and upper frequency ranges (10–28 kHz and 32–70 kHz) were plotted. Acoustic emission signals provide insight into the effects of concentrated energy flows on material and can be used to understand hard-to-observe phenomena and ongoing processing performance. Keywords: vibroacoustic emission, laser processing, control, productivity, cutting insert, spectral analysis, hard alloy T15K6.

25.03-01.253 Некоторые особенности ультразвукового контроля металла оборудования и трубопроводов АЭС. *Ушаков В.М. Контроль. Диагностика.* 2025, № 1, с. 26-34. Рус.

Рассмотрены отдельные пункты некоторых нормативно-методических документов по ультразвуковому контролю, вызывающие неоднозначную интерпретацию или спорное толкование. Даны соответствующие комментарии. Описаны особенности ультразвукового контроля, в частности металла листового проката и прутков, используемых в качестве заготовок при изготовлении элементов атомных энергетических установок, а также сварных соединений элементов атомных энергетических установок с описанием настройки дефектоскопа: глубиномера, длительности развертки и чувствительности с помощью ДАС-кривой, а также схем прозвучивания с учетом особенностей конструкции сварных соединений. Описана оценка объектов контроля по результатам ультразвукового контроля. Ключевые слова: листовый прокат, прутки, ультразвуковой контроль, дефектоскоп, преобразователи, чувствительность контроля, оценка качества.

25.03-01.254 Эффективность метода накопления сигналов в мобильной ультразвуковой дефектоскопии рельсов. *Тарабрин В.Ф., Овсеев К.Р. Контроль. Диагностика.* 2025, № 3, с. 4-13. Рус.

Рассмотрена проблема детерминирования чистого сигнала среди шумов в ультразвуковой дефектоскопии рельсов. Представлен метод накопления сигнала как один из способов повышения качества отображения дефектограмм. Показан результат применения метода накопления в сплошном ультразвуковом неразрушающем контроле рельсов мобильными средствами контроля. Ключевые слова: проблема выделения сигнала, эхосигнал, мобильные средства сплошного ультразвукового неразрушающего контроля рельсов, развертка типа А, развертка типа В, метод накопления сигнала.

25.03-01.255 Расчет импульсных эхосигналов при изменении положения прямого преобразователя относительно расслоения в металле. *Данилов В.Н., Ушаков В.М. Контроль. Диагностика.* 2025, № 3, с. 14-20. Рус.

Проведено компьютерное моделирование изменения амплитуды импульсного эхосигнала прямого преобразователя от отражателя в виде полосы, имитирующего расслоение в металле, плоскость которого параллельна поверхности контроля, в зависимости от расстояния между осью преобразователя и нормалью к поверхности отражателя в его центре. В расчетах использовались излучаемые импульсы различной длительности — длинный, средней длины и короткий. Установлена целесообразность использования импульсов средней длины. Оценка линейного условного размера модели расслоения по способу уменьшения амплитуды эхосигнала от наибольшей на 20 дБ показала, что этот размер приближенно соответствует используемому в расчетах размеру отражателя для расстояния меж-

ду плоскостью отражателя и поверхностью контроля, примерно равному трем ближним зонам преобразователя. Ключевые слова: расслоение, импульс, эхосигнал, спектр сигнала, прямой

преобразователь, условный размер, акустический тракт.

См. также **25.03-01.244**

Акустика океана, гидроакустика

См. **25.03-01.6К**, **25.03-01.20**

Акустика мелкого моря

25.03-01.256 Экспериментальные исследования нелинейного взаимодействия акустических волн в мелком море. *Тарасов С.П., Воронин В.А., Пивнев П.П., Котляров В.В.* *Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 222-230. Рус.

Целью данной работы являются экспериментальные исследования нелинейного взаимодействия акустических волн в мелком море. В статье представлены экспериментальные данные профиля дна на трассе распространения акустических сигналов, профили скорости звука, вертикального распределения уровня сигнала. В заключении приводится анализ полученных результатов исследований.

25.03-01.257 Моделирование низкочастотного шумового поля на Арктическом шельфе. *Боджона С.Д., Сидоров Д.Д., Луньков А.А.* *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 49-55. Рус.

В рамках численного моделирования с применением широкоугольного параболического уравнения исследовано низкочастотное акустическое поле распределенных (ветровое волнение) и сосредоточенных (морское судно) шумовых источников. Получены диаграммы направленности шумов в горизонтальной и вертикальной плоскости и определена их пространственная изменчивость на мелководном участке Карского моря с неоднородной структурой дна. Продемонстрирована возможность обнаружения областей водоподобных донных осадков по вариациям шума проходящего корабля, регистрируемого вертикальной цепочкой гидрофонов. Результаты исследования являются важными для понимания принципов формирования акустических ландшафтов на арктическом шельфе.

25.03-01.258 Применение OFMD сигналов для формирования гидроакустической связи. *Кириленко Р.С.* *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 196-200. Рус.

Рассмотрено использование метода мультиплексирования посредством ортогональных несущих для построения гидроакустических систем подводной связи в условиях мелкого моря. Приведены современные способы применения OFDM модуляции в гидроакустических исследованиях. Показана перспективность использования мультиплексирования с ортогональным разделением частот. В качестве излучающей системы предложено использовать гидроакустическую параметрическую антенну.

25.03-01.259 Оценка времени распространения звуковых сигналов для подводной навигации на шельфе Карского моря. *Назаренко Ю.В., Сидоров Д.Д., Петников В.Г., Луньков А.А., Писарев С.В.* *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 291-298. Рус.

В ходе численного моделирования выполнены оценки вариаций времени распространения акустических сигналов между подводными источниками и приемниками звука, расположенными на разных глубинах в Карском море в осенний период.

Изменения вертикального профиля скорости звука на акустической трассе являлись основной причиной таких вариаций. Информация о вертикальном распределении скорости звука получена на основе профилей температуры и солёности, извлеченных из базы World Ocean Database. Показано, что наименьшие вариации времени распространения наблюдаются для источника и приемника звука, находящихся вблизи дна. Приведены модельные оценки точности определения расстояния по времени распространения звукового сигнала при осуществлении подводной навигации с использованием акустического маяка.

25.03-01.260 Метод годографа для решения задачи о мелкой воде под твердой крышкой. *Долгих Т.Ф.* *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2021, № 1, с. 15-24. Рус.

Исследована одна из математических моделей, описывающих поведение двух бесконечных в горизонтальном направлении соприкасающихся слоев идеальной несжимаемой жидкости под твердой крышкой, движущихся с различными скоростями. При большой разности скоростей слоев возникает неустойчивость Кельвина—Гельмгольца, приводящая к искажению границы раздела. В первоначальный момент времени граница раздела необязательно является плоской. С математической точки зрения поведение слоев жидкости описывается системой, в общем случае — четырех, а в упрощенном варианте — двух квазилинейных уравнений либо гиперболического, либо эллиптического типа в частных производных первого порядка. Для построения модели используются уравнения типа мелкой воды. В простом варианте модели, рассматриваемые в представленной работе, в пространственно-одномерном случае неизвестными являются граница раздела слоев жидкости $h(x,t)$ и разность их скоростей $\gamma(x,t)$. Основное внимание уделяется случаю эллиптических уравнений, когда $|h| < 1$ и $\gamma > 1$. Для системы уравнений поставлена эволюционная задача Коши с произвольными достаточно гладкими начальными данными. Указана явная зависимость инвариантов Римана от исходных переменных задачи. Для решения задачи Коши, сформулированной в терминах инвариантов Римана, используется вариант метода годографа на основе некоторого закона сохранения. Такой метод позволяет преобразовать систему двух квазилинейных уравнений в частных производных первого порядка к одному линейному уравнению в частных производных второго порядка с переменными коэффициентами. Для линейного уравнения указана функция Римана—Грина, с помощью которой строится двухпараметрическое неявное решение исходной задачи. Явное решение задачи строится на линиях уровня неявного решения (изохронах) путем решения некоторой задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. В итоге исходная задача Коши в частных производных первого порядка преобразуется к задаче Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений, которая решается численными методами. Ввиду громоздкости выражения для функции Римана—Грина рассмотрено некоторое асимптотическое приближение задачи, приведены результаты вычислений и их анализ.

25.03-01.261 Голографическая обработка движущихся источников в мелком море при наличии интенсивных внутренних волн. *Кузькин В.М., Пересёлков С.А., Казначеева Е.С., Грачев В.И., Ткаченко С.А., Рыбьянец П.В.* *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2022. 14, № 2, с. 197-204. Рус.

В мелководной акватории для двух частотных диапазонов на основе численного моделирования рассмотрено влияние интенсивных внутренних волн, вызывающих взаимодействие мод звукового поля, на формирование интерферограммы и голо-

граммы движущегося источника. На голограмме спектральные плотности поля источника, соответствующие невозмущенному и возмущенному волноводу, разделены. Это позволило реконструировать интерферограмму невозмущенного поля в присутствии интенсивных внутренних волн. Определена относительная ошибка ее реконструкции. Оценено влияние возмущения на восстановление удаленности и радиальной скорости источника в присутствии возмущения.

25.03-01.262 Выделение мод шумового источника в мелком море методом голографической интерферометрии в присутствии интенсивных внутренних волн. Кузькин В.М., Переселков С.А., Казначеева Е.С., Грачев В.И., Ткаченко С.А., Рыбьянец П.В. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2022. 14, № 3, с. 301-308. Рус.

Приведены результаты численного эксперимента по апробации голографического метода выделения мод шумового источника в мелководной акватории на фоне интенсивных внутренних волн, обуславливающих взаимодействие волн широкополосного источника звука. Выполнен анализ разрешения мод и восстановления их параметров. Показано, что эффекты взаимодействия мод не приводят к потере идентичности модовых характеристик сигнала.

25.03-01.263 Адаптивный алгоритм локализации шумовых подводных источников в мелководных акваториях. Кузькин В.М., Переселков С.А., Грачев В.И., Ткаченко С.А., Рыбьянец П.В. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 4, с. 533-544. Рус.

Представлен адаптивный помехоустойчивый алгоритм голографической обработки гидроакустических сигналов, обеспечивающий восстановление удаления и радиальной скорости подводных шумовых источников в мелководных акваториях при отсутствии информации о характеристиках среды распространения. Алгоритм строится на основе измеряемых величин голограммы источника. Приведены результаты численного моделирования. Выполнен анализ устойчивости алгоритма оценивания параметров источника по отношению к интенсивным внутренним волнам, обуславливающих горизонтальную рефракцию мод звукового поля.

25.03-01.264 Голографический метод обработки гидроакустических сигналов высокочастотного источника в мелком море. Кузькин В.М., Переселков С.А., Грачев В.И., Логачев В.В., Косенко И.М. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 4, с. 545-554. Рус.

The paper presents a method for holographic processing of high-frequency hydroacoustic signals using a vector-scalar receiver in shallow waters. The results of theoretical analysis and numerical modeling are presented. Interferograms and holograms for various components of oscillatory velocity and sound pressure are analyzed. It is shown that noise signals holographic processing using a vector-scalar receiver allows detecting a source and estimating a bearing. The results of the method verification in a numerical experiment are presented.

25.03-01.265 Локализация источника подводного шума движущимся приемником на основе голографической обработки. Underwater noise source localization by a moving receiver based on holographic processing. Kuz'kin V.M., Pereselkov S.A., Tkachenko S.A., Pereselkov A.S., Grachev V.I. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 7, с. 931-940. Англ.

The scenario of underwater situation mobile robotic monitoring by a single vector-scalar receiver placed on board a moving autonomous uninhabited underwater vehicle is presented. Underwater noise source detection and localization is based on holographic processing of sonar signals interferograms. An algorithm for restoring a moving underwater source parameters is described. The numerical simulation results are presented. The errors of restoring the source parameters are analyzed.

25.03-01.266 Гибридный автономный необитаемый подводный аппарат освещения подводной обстанов-

ки мелководных акваторий. Матвиенко Ю.В., Кузькин В.М., Костенко В.В., Переселков С.А., Хворостов Ю.А., Грачев В.И., Ладьякин Н.В. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2025. 17, № 1, с. 125-132. Рус.

Изложена конфигурация гибридного автономного необитаемого подводного аппарата, способного скрытно обеспечивать оперативный контроль подводной обстановки в удаленном районе мелководной акватории в течение заданного времени. Аппарат оборудован системами изменения плавучести и устойчивости, позволяющими, наряду с режимом движения работающих движителей, реализовать режим подводного глайдера. На борту аппарата размещены приемная векторно-скалярная антенна для приема и обработки информации в режиме реального времени, системы навигации и связи для передачи данных на пункт управления.

25.03-01.267 Параметрическая излучающая антенна с многокомпонентным сигналом накачки для гидроакустического мониторинга мелководных водоемов. Волощенко Е.В. *Науч. приборостр.* 2024. 34, № 2, с. 102-111. Рус.

Рассмотрена возможность изменения эксплуатационных характеристик параметрической излучающей антенны (ПИА) с многокомпонентным сигналом накачки, в частности для повышения энергетического потенциала на формирующихся низкочастотных сигналах кратных частот при неизменной ширине основного лепестка характеристики направленности. Это достигается за счет использования в качестве сигнала накачки фазированных спектральных составляющих, находящихся в полосе пропускания излучающего электроакустического преобразователя, разность частот которых и определяет состав полигармонического низкочастотного сигнала, генерирующегося в водной среде. Данный способ формирования ПИА позволяет увеличить эффективность генерации зондирующих сигналов именно в длинноволновом диапазоне, что актуально при осуществлении измерений параметров движения слоистой морской среды. Особенности формирования широкополосного излучения волн разностной частоты позволяют использовать "бестелесную" ПИА в новом качестве — как инструмент для косвенной оценки степени неровности поверхности моря при проведении измерений гидроусловий на прибрежной акватории.

25.03-01.268 Характеристики низкочастотного окружающего шума в мелком море с неоднородной структурой дна. Боджона С.Д., Сидоров Д.Д., Петников В.Г., Луньков А.А. *Акустический журнал.* 2025. 71, № 1, с. 79-87. Рус.

В рамках численных экспериментов анализируются характеристики низкочастотных шумовых полей в мелководных акустических волноводах с неоднородной структурой донных осадков, в том числе и в присутствии водоподобного дна. Рассматриваются две модели морского дна: идеализированная, с линейным изменением скорости звука в дне вдоль одной из декартовых координат, и реалистичная, где скорость звука в дне зависит от всех трех координат. Последняя модель близка к реальной ситуации в одном из мелководных районов Карского моря. Исследуются шумовые поля от распределенных приповерхностных источников (поверхностное волнение) и сосредоточенного источника (шум судна). Расчеты выполнены с помощью метода широкоугольного параболического уравнения. Получены усредненные горизонтальные и вертикальные характеристики направленности шумового поля поверхностного волнения, а также средние значения интенсивности в зависимости от положения приемной вертикальной антенны и частоты звука. Для областей дна с отличающимися свойствами построены пространственные зависимости уровня локального источника шума. Продемонстрирована возможность обнаружения водоподобных участков дна по записи шума движущегося судна на стационарную вертикальную акустическую антенну. В случае распределенных источников показано, что усредненные характеристики шума слабо зависят от скорости звука в дне. Ключевые слова: акустика мелкого моря, неоднородное дно, ветровое волнение, шум судна, широкоугольное параболическое уравнение DOI: 10.31857/S0320791925010091.

25.03-01.269 Оценка коэффициента отражения зву-

ка от дна на основе анализа пространственно-угловой структуры поля. *Вировлянский А.Л., Казарова А.Ю. Акустический журнал. 2025. 71, № 1, с. 88-95. Рус.*

Обсуждается метод оценки коэффициента отражения звука от дна волновода по данным измерений поля с помощью вертикальной решетки на различных дистанциях от источника. Для анализа пространственно-угловой структуры регистрируемого поля применяется заимствованный из квантовой теории метод когерентных состояний. Акустический аналог разложения по когерентным состояниям позволяет построить фильтр для выделения компоненты поля, представляющей вклад заданного узкого пучка лучей. Отношение амплитуд такой компоненты поля до и после отражения от грунта дает оценку коэффициента отражения центрального луча. Эффективность подхода протестирована на данных численного моделирования. Приведены результаты его применения для обработки данных озера эксперимент. Ключевые слова: подводный звуковой канал, когерентные состояния, лучи, коэффициент отражения DOI: 10.31857/S0320791925010109.

25.03-01.270 Исследование спектральных характеристик реверберации в мелком море при разнесении в пространстве точек излучения и приема сигнала. *Салин Б.М., Базанов В.В., Кемарская О.Н., Салин М.Б. Акустический журнал. 2025. 71, № 1, с. 118-128. Рус.*

Исследованы характеристики реверберационной помехи, возникающей в морской среде при излучении длинных тональных импульсов в бистатической схеме акустического зондирования. При зондировании тональными импульсами обеспечивается необходимое разрешение для исследования как доплеровского спектра, так и временного развития реверберационного сигнала. Представленная теоретическая модель применима и к прямым задачам — прогноз характеристик реверберации при заданном состоянии моря, и к обратным задачам — определение свойств морской среды, главным образом ее приповерхностного слоя, по результатам акустического зондирования. Модель основана на представлении рассеянного сигнала в виде суперпозиции отражений от распределенных по глубине рассеивателей, движущихся по круговым траекториям со скоростями, определяемыми максимальной амплитудой и периодом ветровых волн. Статья является продолжением цикла работ авторов и расширяет применимость полученных ранее результатов на случай существенно разнесенных источников и приемников звука. Результаты моделирования находят подтверждение в экспериментальных данных по таким параметрам, как ширина доплеровского спектра и закон спада интенсивности реверберации во времени. Ключевые слова: бистатическая реверберация в море, сила рассеяния, поверхностное рассеяние, рассеяние на пузырьках, спектр реверберации DOI: 10.31857/S0320791925010125.

См. также **25.03-01.49, 25.03-01.65, 25.03-01.87, 25.03-01.93**

Гибридные и асимптотические теории

См. **25.03-01.31**

Обратное рассеяние, эхо, реверберация на комбинациях границ

25.03-01.271 Об изменении амплитуды эхосигнала, регистрируемого нормальным зондом от отражателя — симметрично расположенного плоскодонного отверстия, в зависимости от соотношения радиусов отверстия и пьезоэлектрической пластины зонда. On the change in the amplitude of the echo signal recorded by a normal probe from a reflector — an ax symmetrically located flat-bottom hole, depending on the ratio of the radii of the hole and the piezoelectric plate of the probe. *Daniilov V.N. Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 12, с. 27-32. Англ.*

Calculations of the amplitude of the echo signal recorded by a round direct converter from a reflector — an ax symmetrically located flat bottom hole in the form of an integral representation of the Fourier-Bessel type have been carried out. The calculation

results, with an increase in the ratio of the radii of the piezoelectric plate of the probe and the hole, confirmed the previously established by Prof. I.N. Ermolov the presence of a maximum echo signal in the far zone of the transducer when it is located on the border of the near zone of the reflector. It was found that in the far zone of the transducer, a change in the wave parameter of the piezoelectric plate (the product of the wave number of the longitudinal wave by the radius of the piezoelectric plate) from 10 to 25 practically does not affect the dependence of the amplitude of the echo signal on the ratio of the radii of the hole and the piezoelectric plate of the probe. It is shown that an increase in the ratio of the amplitude of the echo signal at the maximum tends to the limit value — corresponding to the amplitude of the bottom echo for the radius of the hole, much larger than the radius of the piezoelectric plate with an increase in the relative range to the flat bottom hole. Keywords: echo signal maximum, reflector, flat bottom hole, far zone, near zone, normal probe, piezoelectric plate, wave parameter, bottom signal.

См. также **25.03-01.270**

Рассеяние на шероховатой поверхности

25.03-01.272 Нелинейные гидроакустические навигационные системы для беспилотных гидросамолетов. *Волощенко В.Ю. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 66-73. Рус.*

Рассмотрен принцип работы и структурная схема нелинейной ультракороткобазисной гидроакустической навигационной системы, которая позволяет РТК на беспилотном гидросамолете (БГС)-носителе в надводном положении на акватории летного бассейна гидроаэродрома в условиях ограниченной видимости как определять направление на донный источник сигнала с необходимой точностью, так и оценивать его удаленность.

25.03-01.273 Радио- и гидролокационная система наблюдения для обеспечения безопасного взлета и приводнения беспилотных гидросамолетов. *Волощенко П.Ю., Волощенко В.Ю. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 73-80. Рус.*

Предложено для обеспечения безопасного взлета и приводнения беспилотного гидросамолета (БГС) производить многопозиционный мониторинг как воздушного, так и водного приповерхностных слоев взлетно-посадочной полосы (ВПП) на акватории гидроаэродрома с помощью РЛС и параметрических гидроакустических средств ближнего подводного наблюдения. Рассмотрены конструкции как приемоизлучающих многочастотных антенных устройств, располагаемых на донной поверхности мелководного летного бассейна, так и активных радиолокационных отражателей, устанавливаемых для увеличения их радиолокационной заметности на плавучих навигационных знаках, обозначающих ВПП.

25.03-01.274 Прецизионный гидроакустический волнограф. *Волощенко Е.В., Волощенко А.П., Волощенко В.Ю. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 80-88. Рус.*

Предложено расширить диапазон измерения параметров морского волнения гидроакустическим волнографом за счет осуществления приема и обработки эхосигналов с «новыми» частотами, формирующимися в результате как самовоздействия, так и самодемодуляции мощного импульсного сигнала накачки при распространении в водной среде. Рассмотрена структурная схема и физические принципы функционирования эхо-импульсной локационной системы, применение которой в рамках многопозиционной системы гидроакустического наблюдения позволит дистанционно получать данные о состоянии как водного объема, так и границы раздела «вода—воздух» прибрежного шельфа.

См. также 25.03-01.271

Подводные приложения нелинейной акустики, взрывы

25.03-01.275 Пути и перспективы нелинейной гидроакустики. *Тарасов С.П. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 22-36. Рус.

Приводятся результаты теоретических и экспериментальных исследований нелинейных явлений в акустике. Рассматриваются процессы нелинейного взаимодействия акустических волн. Показано, что использование этих явлений позволяет создавать гидроакустические приборы и комплексы для поиска подводных и заиленных объектов, подводного наблюдения, разведки минеральных и биологических ресурсов, мониторинга океанской среды. Приводятся характеристики параметрических приборов и рассматриваются результаты их применений для решения различных задач гидроакустики. Обсуждаются пути совершенствования и перспективы применения гидроакустических средств, использующих методы нелинейной акустики.

25.03-01.276 Потенциальные возможности сложных сигналов в нелинейной гидроакустике. *Рахно П.В., Рыжов В.П. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 237-242. Рус.

Показано, что преимущества нелинейных гидроакустических систем, в частности, с параметрическими антеннами, могут быть в полной мере реализованы только при использовании сложных сигналов. Приведены сведения об основных классах сложных сигналов для решения задач гидролокации и связи, а также даны основные соотношения для оценки потенциальных погрешностей частотно-временных измерений и разрешающих способностей локационных систем.

25.03-01.277 Характеристики уединенных внутренних волн в Арктике по спутниковым данным. *Погребной А.Е. Моря России: от теории к практике океанологической исследования = Seas of Russia: From theory to practice of oceanological research: тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Севастополь, 25–29 сентября 2023 г.* Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ. 2023, с. 183-184. Рус.

25.03-01.278 Оценка параметров внутренних волн в Арктике по данным спутниковых радиолокаторов с синтезированной апертурой. *Погребной А.Е. Мор. гидр. физ. жс.* 2023. 39, № 1, с. 106-119. Рус.

Цель. Разработана методика расчета параметров уединенных внутренних волн (солитонов, генерируемых полусуточным приливом) на основе их проявлений на поверхности океана при наличии льда. Методы и результаты. Анализировались последовательные зондирования радиолокационных спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B к западу от глубоководной части пролива Фрама в августе 2018 г. Идентификация поверхностных проявлений внутренних волн на радиолокационных спутниковых снимках сводится к нахождению тонких светлых полос, вытянутых вдоль волновых гребней. Яркие пиксели, расстояние между которыми меньше визуальной ширины гребней, объединяются в кластеры. Считается, что внутренним волнам, в отличие от льда, соответствуют кластеры с размерами больше порогового значения, для которых анизотропия (отношение полуосей аппроксимирующего эллипса) также велика. Для каждого такого кластера рассчитываются интерполированные пространственные координаты вдоль соответствующего волнового экстремума. На основе предложенной методики оценены горизонтальный размер («длина волны» $\sim 1,5$ км) и фазовая скорость (~ 1 м/с) уединенных внутренних волн (солитонов), период следования которых составил ~ 24 мин. Скорость распространения лидирующей волны оказалась на 10% выше, чем у следующей за ней. За время между зондированиями (~ 48 мин) это приводит к увеличению (красному смещению) «длины волны» между ними от 1,3 до 1,6 км. Рассчитаны также значения радиусов кривизны каждого волнового фронта. Информа-

ция о пространственном положении центров кривизны фронтов позволяет судить о предположительном месте генерации анализируемых внутренних волн – подводная банка ($80^{\circ}4'$ с. ш., $83^{\circ}30'$ з. д.), глубина над которой менее 20 м. Выводы. Предложенную методику идентификации внутренних волн можно использовать для оценки их кинематических и динамических характеристик.

См. также 25.03-01.87, 25.03-01.256

Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

25.03-01.279 Волны на границе льда и глубокой жидкости от локализованных источников: точные решения и асимптотики. *Булатов В.В., Владимиров И.Ю., Ильичева М.А. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 30-31. Рус.

См. также 25.03-01.90

Подводные шумы, механизмы генерации и характеристики полей

25.03-01.280 Интерферометрическая обработка акустической информации с использованием протяженных антенн в диспергирующих средах. *Кузькин В.М., Пересёлков С.А., Ткаченко С.А., Казначеев И.В. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2020. 12, № 4, с. 483-494. Рус.

Представлена теория интерферометрической обработки акустической информации с использованием протяженных антенн в средах с частотной дисперсией. Установлена связь двумерной спектральной плотности двукратного фурье-преобразования интерференционной картины, формируемой движущимся шумовым источником, с апертурой и угловой зависимостью принимаемого поля. Оценены коэффициент усиления, характеристика направленности и помехоустойчивость обработки. В зависимости от входного отношения сигнал/помеха на элементе антенны получено выражение для максимального удаления шумового источника, при котором сохраняется устойчивое обнаружение и оценки пеленга, радиальной скорости, удаления и глубины близки реальным значениям. Приведены и обсуждены результаты численного моделирования.

См. также 25.03-01.49, 25.03-01.223, 25.03-01.265, 25.03-01.266, 25.03-01.268, 25.03-01.269

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

25.03-01.281 Широкополосные низкочастотные излучатели в задачах исследования температурных режимов Японского моря. *Боголюбов Б.Н., Бритенков А.К., Касьянов Д.А., Фарфель В.А., Моргунов Ю.Н., Безответных В.В., Войтенко Е.А., Голов А.А., Тагильцев А.А. Акустический журнал.* 2025. 71, № 1, с. 67-78. Рус.

Рассмотрено применение технических средств и методов низкочастотной гидроакустики для мониторинга изменчивости средних температур подводных звуковых каналов Японского моря. Проведен обзор характеристик линейки разработанных ИПФ РАН мощных гидроакустических излучателей, перспективных для организации протяженных акустических трасс. Приведены результаты измерений электроакустических характеристик низкочастотных гидроакустических излучателей в природных условиях в эшелоне глубин до 150 м, а также рассмотрено применение указанных излучателей для исследования температурных режимов сопряженных подводных звуковых каналов шельфа и глубокого моря на разномасштабных

протяженных трассах в Японском море. На основе обработки экспериментальных данных акустической трассы длиной около 1000 км, полученных в 2022 г., приведены примеры восстановления средних значений температуры воды по данным скорости звука на акустической трассе, проведена оценка чувствительности метода, а также проанализированы достигнутые в эксперименте значения отношения сигнал/шум. Ключевые слова: акустическая термометрия, низкочастотный гидроакустический излучатель, акустическая мощность, подводный звуковой канал, функция корреляции, М-последовательность, последовательности Баркера DOI: 10.31857/S0320791925010085.

25.03-01.282 Голографические методы обработки гидроакустических сигналов (обзор). Кузькин В.М., Пересёлков С.А. *Акустический журнал*. 2025. 71, № 1, с. 96-117. Рус.

Представлено современное состояние проблемы применения методов голографической обработки сигналов в гидроакустике. Изложение голографической обработки сигналов сконцентрировано на решении задачи контроля подводной обстановки, обеспечивающего обнаружение, разрешение и локализацию подводных источников шума в условиях малого входного отношения сигнал/помеха и пространственно-временных возмущений океанической среды. Под локализацией источника звука понимается определение пеленга, радиальной скорости, удаления и глубины. В качестве приемных модулей рассмотрены одиночные векторно-скалярные приемники и линейные антенны. Приведены результаты теоретических исследований, численного моделирования и натурных экспериментов, позволяющих оценить эффективность голографической обработки в реальных условиях. Ключевые слова: голографическая обработка, обнаружение, разрешение, локализация, векторно-скалярные приемные модули, шумовые источники, помеха, неоднородности среды распространения DOI: 10.31857/S0320791925010112.

Акустика глобальных масштабов, термометрия и дальняя подводная связь

См. 25.03-01.223

Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

25.03-01.283 Применение параметрического гидролокатора для профилирования дна на шельфе и исследования подводных сооружений. Бондарева Е.Ю., Чоп Д.А., Безматерных Д.О., Данилов А.В., Онищенко К.С. *Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов*. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 37-45. Рус.

Целью работы является исследование частей инженерных сооружений, находящихся под водой, и затонувших объектов. Достижение данной цели возможно благодаря использованию многозадачных гидроакустических систем и комплексов. Одним из наиболее эффективных средств решения данных задач является параметрический гидролокатор. В статье рассмотрена структурная схема данного устройства, а также данные экспериментальных работ по обследованию и контролю подводных частей опор мостов. В заключении приведен анализ экспериментальных данных и возможностей параметрического гидролокатора.

25.03-01.284 Использование параметрических антенн в системах подводного наблюдения для оснащения необитаемых аппаратов. Чоп Д.А., Мищукова М.Е., Обьеденная В.А., Бондарева Ж.Д. *Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов*. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 170-178. Рус.

Приводится описание характеристик параметрических антенн, разрабатываемых в Южном федеральном университете на кафедре Электродинамики и медицинской техники и предназначенных для наблюдения подводной обстановки с ис-

пользованием необитаемых аппаратов. Приводится пример одновременного использования совокупности разрабатываемых параметрических антенн в многофункциональной гидроакустической системе, предназначенной для картографических, промерных, навигационных и поисковых целей.

25.03-01.285 Использование параметрических антенн в системах подводной связи для оснащения необитаемых аппаратов. Тарасов С.П., Пивнев П.П., Воронин В.А., Мищукова М.Е. *Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов*. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 182-190. Рус.

Целью данной работы является решение задач в области экологического, геологоразведческого и инженерного мониторинга объектов, находящихся под водой за счет использования автономных необитаемых подводных аппаратов и систем. В общем контексте рассмотрены характеристики широкополосных параметрических гидроакустических антенн, принцип действия которых основан на использовании эффекта нелинейного взаимодействия акустических волн. Приводятся результаты экспериментальных исследований амплитудно-частотных характеристик широкополосных параметрических антенн.

25.03-01.286 Низкочастотный параметрический гидролокатор-профилограф для исследования тонкой геологической структуры морского и речного дна. Тарасов С.П., Пивнев П.П., Воронин В.А. *Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов*. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 206-212. Рус.

Целью данной работы является проектирование низкочастотного параметрического гидролокатора-профилографа для исследования тонкой геологической структуры морского и речного дна. Представлены результаты расчетов геометрических размеров и основных характеристик антенны и отдельных преобразователей. В заключении приведен анализ результатов экспериментальных исследований модулей антенны.

25.03-01.287 Повышение эффективности гидроакустических средств обнаружения на прибрежной акватории за счет применения нелинейной акустики. Волощенко Е.В. *Науч. приборостр.* 2024. 34, № 2, с. 67-76. Рус.

Предложено обеспечивать безопасность прибрежных сооружений за счет проведения многопозиционного мониторинга водного объема акватории охранной зоны с помощью гидроакустических средств, при проектировании антенн которых используют эффекты нелинейной акустики, в частности самовоздействие и взаимодействие ультразвуковых (УЗ) волн накачки. Проведен анализ применения гидроакустических систем активной локации с приемоизлучающими антеннами устройствами оригинальной конструкции, которые размещают на дне мелководной акватории и используют для обнаружения надводных и подводных объектов, а также удаленного получения информации о гидроусловиях в различных точках акватории. Представлены расчетные результаты оценки энергетической дальности действия гидроакустической системы активной локации в режиме параметрического излучения и анализ пространственных характеристик макета рассмотренного антенного устройства, которые подтверждают возможность получения заявляемого результата.

25.03-01.288 Перспективы применения для измерения характеристик морского волнения гидроакустических систем с использованием режима параметрического излучения. Волощенко Е.В. *Науч. приборостр.* 2024. 34, № 3, с. 37-53. Рус.

Проведен анализ ультразвуковых (УЗ) способов для измерения параметров морского волнения и технических характеристик реализующих их устройств. Основное внимание уделено перспективе использования "бестелесной" параметрической излучающей антенны (ПИА) в новом качестве — как инструмента для косвенной оценки степени неровности поверхности моря при проведении измерений гидроусловий на прибрежной акватории. Выбраны схема и методика измерений, аппаратура измерительной установки, что позволило провести калибровку

используемой ПИА в диапазоне генерируемых волн разностной частоты, а также осуществить модельные эксперименты по изучению закономерностей рассеяния УЗ-поля при облучении нескольких акустически мягких пластин-отражателей, имеющих различные параметры синусоидального профиля неровностей. На основе анализа полученных результатов предложен способ измерения параметров взволнованной морской поверхности, например, для режима широкополосного бистатического облучения (излучатель и приемник размещены в пространстве) УЗ-сигналами со стороны дна. Ключевые слова: параметрическая излучающая антенна, рассеяние УЗ-волн на взволнованной границе раздела вода—воздух.

25.03-01.289 Применение приборов для ретрансляции сигналов при гидроакустических измерениях. *Костеев Д.А., Бритенков А.К., Землюков Н.Е., Львов А.В., Салин М.В. Науч. приборостр.* 2024. 34, № 3, с. 54-63. Рус.

Использование ретрансляторов при проведении гидроакустических экспериментов позволяет повысить точность измерения таких параметров, как скорость движения объекта, его сила рассеяния, потери на распространение. В работе рассмотрено применение ретранслятора со смещением частоты при излучении гидроакустических сигналов в непрерывном режиме. Опробована методика определения скорости движущегося объекта при помощи ретранслятора на основе компактного низкочастотного гидроакустического преобразователя продольно-изгибного типа со сложной формой излучающей оболочки. Показано, что предложенная методика обеспечивает модуляцию сигнала подсветки в реальном времени, а также имитацию сигналов, отражаемых крупными движущимися объектами. Результаты проведенного эксперимента соответствуют предварительным расчетам и подтверждают в рамках предложенной методики возможность использования сигналов большой длительности (в том числе и непрерывных) для акустической диагностики аномалий в морской среде.

25.03-01.290 Разработка и исследование гидроакустических антенн с электрогидравлическим ударом. *Красюков Е.А., Петросьянц В.В., Демьянов Т.Г. Науч. приборостр.* 2024. 34, № 3, с. 98-105. Рус.

Разработана экспериментальная установка генератора мощных гидроакустических сигналов на основе эффекта электрогидродинамического удара. Экспериментальная установка рассчитана на создание разрядов в жидкости с импульсной мощностью более 10 МВт и частотой следования разрядных импульсов до 30 Гц. Предложены две конструкции гидроакустических антенн с ударным возбуждением в форме двух параллельных пластин и цилиндра. Проведено моделирование процессов распространения ударных волн в этих антеннах. Обоснован выбор цилиндрической конструкции гидроакустической антенны с ударным возбуждением. На основе экспериментальных данных построена диаграмма направленности цилиндрической антенны и предложена ее математическая модель. Найдена зависимость мощности излучения антенны с ударным возбуждением от расстояния. Разработана методика расчета таких антенн. Показана возможность использования гидроакустических антенн с электрогидравлическим ударом в системах дальней подводной связи.

25.03-01.291 Измерение параметров движения взволнованной границы раздела с использованием эффектов нелинейной акустики для прибрежного сегмента общей системы морского мониторинга. *Волощенко Е.В. Науч. приборостр.* 2024. 34, № 4, с. 77-89. Рус.

Проведен анализ возможностей и потребности дистанционного мониторинга шельфа в прибрежном сегменте Глобальной системы наблюдения за океаном (ГСНО) с применением систем и методов измерений рассеяния ультразвуковых (гидроакустика) и электромагнитных (радиолокация) волн морской поверхностью. Основное внимание уделено проектированию технических основ ультразвукового способа мониторинга водоемов, в котором реализованы режимы облучения УЗ-сигналами со стороны дна обследуемой акватории с использованием различных эффектов нелинейной акустики. В рамках возможностей решения обратной задачи рассеяния — определения параметров

морской поверхности по характеристикам рассеянных ею сигналов — основное внимание уделено применимости избирательного ("резонансного") механизма обратного рассеяния, соответствующего условию Брэгга—Вульфа. На основе анализа имеющихся результатов предложено расширить возможности способа измерения параметров взволнованной морской поверхности, перспективного к использованию в прибрежном сегменте общей системы морского мониторинга. Ключевые слова: параметрическая излучающая антенна, гидроакустический мониторинг.

См. также **25.03-01.258**, **25.03-01.267**, **25.03-01.282**

Гидроакустические преобразователи и антенны

25.03-01.292 Обработка гидроакустической информации для обеспечения навигационной безопасности необитаемого подводного аппарата. *Пагомов С.А., Филенько М.С., Шостаф С.В. Моря России: от теории к практике океанологических исследований = Seas of Russia: Перспективы использования инновационных технологий и разработок продукции военного и двойного назначения в интересах ВМФ. Владивосток, 23—25 мая 2024 года. Материалы VI Тихоокеанской научно-практической конференции.* Владивосток: Тихоокеанское высшее военно-морское училище им. С.О. Макарова. 2024, с. 105-113. Рус.

Рассмотрено построение навигационного гидролокатора автономного необитаемого подводного аппарата на основе линейной антенной решетки дискретным методом, с определенными разрешающей способностью по пеленгу. Проведено моделирование раздельного приема сигналов на антенной решетке.

25.03-01.293 Специальные аналого-цифровые синтезаторы гидроакустических полей морских технических объектов. *Пятакович В.А., Василенко А.М., Алексеев О.А., Кайтан Д.В. Моря России: от теории к практике океанологических исследований = Seas of Russia: Перспективы использования инновационных технологий и разработок продукции военного и двойного назначения в интересах ВМФ. Владивосток, 23—25 мая 2024 года. Материалы VI Тихоокеанской научно-практической конференции.* Владивосток: Тихоокеанское высшее военно-морское училище им. С.О. Макарова. 2024, с. 114-122. Рус.

Современные достижения в области подводной робототехники позволяют создать высокоэффективные, скрытно действующие технические системы, предназначенные для ведения разведки и боевых действий на океанских и морских театрах. Такие системы получили название — боевые автономные необитаемые подводные аппараты (БАНПА) и представляют собой новое направление в развитии подводных сил и средств. При создании ложной гидроакустической обстановки специальные БАНПА на техническом уровне имитируют классификационные признаки и поведенческие характеристики морских технических объектов (МТО). Анализ спектров шумоизлучения МТО и основных классификационных признаков, по которым противник способен отличить имитатор МТО от реального (боевого экземпляра) показывает, что существует принципиальная возможность синтезировать первичное гидроакустическое поле на уровне шумового портрета конкретного проекта МТО по аналитическим выражениям, описывающим основные составляющие ее шумоизлучения.

25.03-01.294 Концепция повышения помехозащищённости радиоканала передачи информации радиогидроакустической аппаратуры авиационного противолодочного поиска. *Сучков А.Н., Колмаков Р.П., Шамраев С.С. Моря России: от теории к практике океанологических исследований = Seas of Russia: Перспективы использования инновационных технологий и разработок продукции военного и двойного назначения в интересах ВМФ. Владивосток, 23—25 мая 2024 года. Материалы VI Тихоокеанской научно-практической конференции.* Владивосток: Тихоокеанское высшее военно-морское училище им. С.О. Макарова. 2024, с. 170-180. Рус.

Представлена концепция повышения помехозащищённости

радиоканала передачи информации за счёт применения цифровых шумоподобных сигналов, характеризующихся высокой помехоустойчивостью и спектральной скрытностью, что в целом позволит повысить боевую эффективность выполнения задач противолодочного поиска.

25.03-01.295 Метод распознавания подводных объектов по отраженным гидроакустическим сигналам. *Тугбаева А.С., Ицков А.Г., Милч В.Н., Широков В.А. Химическая физика и мезоскопия.* 2025. 27, № 1, с. 62-74. Рус.

Для решения задач, связанных с обнаружением, координированием и распознаванием подводных объектов, используются методы гидроакустики, как основной способ получения информации о подводной среде. В статье представлены результаты исследования алгоритмов идентификации подводных объектов на основе анализа отраженных от них гидроакустических сигналов. В основе анализа отраженных от подводных объектов сигналов предлагается использовать методы периодограммно-го анализа, которые позволяют выявить в сигнале основные частотные и временные составляющие, позволяющие различать эти отражения. Рассмотрены алгоритмы, основанные на вычислительной схеме Бью-Балло и преобразовании Фурье. На основании анализа периодограмм определяются признаки для дальнейшей идентификации подводных объектов по отраженным от них гидроакустическим сигналам с использованием алгоритмов голосования и алгоритмов разделения объектов в евклидовом пространстве признаков. Приведены результаты идентификации тестовых подводных объектов при проведении экспериментов в опытовом бассейне. Ключевые слова: гидроакустика, подводные объекты, эхосигнал, периодограммный анализ, алгоритмы идентификации.

25.03-01.296 Построение акустических изображений с помощью сверхразрешающих методов с использованием неэквидистантных планарных антенных решеток. *Родионов А.А., Савельев Н.В. Акустический журнал.* 2025. 71, № 1, с. 58-66. Рус.

Проведены исследования возможности применения планарных неэквидистантных антенных решеток в задачах построения акустических изображений. Такие антенные решетки могут применяться, например, для диагностики различных механизмов с целью определения областей повышенного шумоизлучения. Для определения преимуществ использования неэквидистантных антенн в работе проведено численное моделирование. Приведены сравнения современных классических методов сверхразрешения с одним из новых методов, разработанным в ИПФ РАН. Полученные результаты подтвердились в эксперименте. Результаты работы позволяют сделать вывод, что планарные разреженные неэквидистантные антенные решетки дают возможность уменьшить количество используемых микрофонов или расширить частотный диапазон в задачах выделения источников и разрешения их в пространстве. Ключевые слова: разреженная антенная решетка, акустическое изображение, разрешение источников DOI: 10.31857/S0320791925010075.

См. также **25.03-01.77, 25.03-01.89, 25.03-01.267, 25.03-01.280, 25.03-01.283, 25.03-01.284, 25.03-01.285, 25.03-01.286, 25.03-01.287, 25.03-01.288, 25.03-01.289, 25.03-01.290, 25.03-01.291**

Подводные измерения и калибровка аппаратуры

25.03-01.297 Применение параметрического профилографа при проведении подводных археологических изысканий. *Пивнев П.П., Солдатов Г.В., Лукьянченко А.А., Чоп Д.А., Безматерных Д.О., Обьденная В.А. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая*

конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 198-206. Рус.

Профилограф предназначен для поиска и обнаружения придонных и заиленных объектов, стратификации донных отложений, определения типа грунта и может применяться при производстве археологических изысканий, геологических и других видов работ на шельфе как самостоятельно, так и в составе многофункциональных гидроакустических комплексов. В работе приведены результаты гидроакустического мониторинга, снятые с использованием параметрического профилографа в районе мыса Панагия Таманского полуострова на акватории Черного моря.

25.03-01.298 Предельная дальность обнаружения подводного шумового источника с применением голографической обработки. *Кузькин В.М., Переселков С.А., Грачев В.И., Рыбачев П.В., Ткаченко С.А. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 1, с. 129-136. Рус.

Описано формирование голограммы шумового сигнала подводного источника на фоне распределенной помехи. Получено выражение для ширины полосы углового распределения спектральной плотности шумового сигнала на голограмме. Оценена минимальная длительность шумового сигнала, определяющая предельную дальность обнаружения шумового источника звука. Представлен алгоритм определения параметров голографической обработки, реализующей предельную дальность обнаружения. Голографическая обработка шумовых сигналов рассмотрена с применением одиночного векторно-скалярного приемника и линейных антенн.

25.03-01.299 Об одном подходе к групповой навигации необитаемых подводных аппаратов. *Шербатюк А.Ф., Матвиенко Ю.В., Кузькин В.М., Переселков С.А., Грачев В.И. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 2, с. 267-274. Рус.

Изложен один из методов навигационного обеспечения группы автономных необитаемых подводных аппаратов, выполняющих общую миссию в мелководной акватории, в состав которой входит подводный аппарат лидер с высокоточными средствами навигации. Работа всех аппаратов синхронизирована и предполагает информационное взаимодействие между ними. Определение координат каждого аппарата строится на основе измерения дальностей между ними и аппаратом лидером. Рассмотрен алгоритм оценивания местоположения отдельных аппаратов. Приведены результаты численного моделирования, подтверждающие работоспособность и требуемую точность рассмотренного алгоритма.

См. также **25.03-01.42, 25.03-01.257, 25.03-01.267, 25.03-01.272, 25.03-01.273, 25.03-01.277, 25.03-01.278, 25.03-01.281, 25.03-01.283, 25.03-01.284, 25.03-01.285, 25.03-01.286, 25.03-01.287, 25.03-01.288, 25.03-01.289, 25.03-01.290, 25.03-01.291, 25.03-01.292, 25.03-01.293, 25.03-01.295**

Компьютерное моделирование в гидрофизике и гидроакустике

См. **25.03-01.51, 25.03-01.257**

Лабораторное экспериментальное моделирование

См. **25.03-01.51, 25.03-01.272, 25.03-01.273, 25.03-01.293, 25.03-01.294**

Атмосферная и аэроакустика

См. 25.03-01.9К, 25.03-01.17

Механизмы, влияющие на распространение звука в воздухе

25.03-01.300 Выявление условий формирования пиков давления в зондирующем импульсе. *Ахметов А.Т., Гималтдинов И.К., Мухамметзянов А.Ф. Инженерно-физический журнал.* 2025. 98, № 1, с. 190-196. Рус.

Показана возможность использования импульсов давления, переотраженных от поверхности пористой среды в ударной трубе и от ее верхнего торца, в качестве зондирующих импульсов для изучения изменений в среде, произошедших под воздействием ударной волны.

Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

25.03-01.301 Распознавание источников инфразвуковых сигналов по их акустическим записям. *Закиров М.Н. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 162-169. Рус.

Предложена и обучена нейронная сеть для классификации типов источников инфразвука на десять классов. Показано, что модель достаточно хорошо справляется с задачей классификации на тестовой выборке, с использованием графических процессоров обучение происходит довольно быстро. Приведены графики функции потерь и точности от номера эпохи обучения нейросети для обучающей, валидационной и тестовой выборок. Построен график F1-меры как объективного показателя качества работы при несбалансированной выборке. Модель можно масштабировать для распознавания любого количества объектов и применить в системах оперативного акустического мониторинга территорий.

25.03-01.302 Модуляционно-самофокусирующая неустойчивость гравитационно-капиллярных волн в широком интервале углов и частот. *Базанов В.В., Владова С.Н., Копосова Е.В. Фундаментальная и прикладная гидрофизика.* 2025. 18, № 1, с. 41-52. Рус.

Излагается теория неустойчивости гравитационно-капиллярных волн на поверхности жидкости с учетом линейной и нелинейной дисперсий. Теоретическое исследование проводится на основе использования интегриродифференциального оператора для описания линейной дисперсии волн. Сначала рассматривается случай кубической нелинейности без учета дисперсии нелинейности. Найдены инкременты неустойчивости. Проводится сравнение со случаем параболической аппроксимации линейной дисперсионной зависимости, что соответствует использованию нелинейного уравнения Шредингера. Показано, что использование интегриродифференциального оператора для описания линейной дисперсии волн приводит к ограничению области неустойчивости, но не меняет величины инкремента. Получено, что дисперсия нелинейности уменьшает инкременты, особенно при больших расстройках. Влияние капиллярных эффектов на неустойчивость волн на поверхности жидкости проводится в той же последовательности: сначала без учета дисперсии нелинейности, затем с ее учетом. Структура неустойчивости меняется для волн, распространяющихся с минимальными фазовыми и групповыми скоростями: при уменьшении длины волны неустойчивости суживается и потом исчезает. Определены границы исчезновения области неустойчивости. При дальнейшем уменьшении длины волны неустойчивость возникает вновь. Она приобретает черты «коллапса», когда область неустойчивости становится эллиптической. Вид неустойчивости волн с большими волновыми числами имеет «самофокусирующий» характер в отличие от модуляционного характера неустойчивости волн с малыми волновыми числами. Нелинейная дисперсия в гравитационно-капиллярных волнах, как и в гравитационных волнах, ведет к подавлению неустойчивости при больших расстройках. В области существования неустойчивости типа «коллапса» нелинейная дисперсия ведет

к сужению области неустойчивости и уменьшению инкремента в них. Это дает возможность описывать на основе предлагаемых уравнений распространения гравитационно-капиллярных волн на больших временах. Ключевые слова: гравитационные волны, капиллярность, поверхность жидкости, нелинейность, дисперсия, неустойчивость, модуляция.

Распространение в стационарной атмосфере, метеорологические факторы

25.03-01.303 Некоторые особенности взаимодействия акустических волн в воздушной среде. *Воронин А.В., Воронин В.А., Дегтеренко К.К. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 88-94. Рус.

Рассматриваются вопросы нелинейного взаимодействия акустических волн в воздушной среде в процессе распространения. Показывается, что коэффициент нелинейности в воздушной среде значительно превышает таковой в воде, поэтому генерация вторичных волн в воздушной среде эффективнее, чем в воде. Рассчитываются основные характеристики взаимодействия.

Распространение и рассеяние на турбулентности и на неоднородных течениях

25.03-01.304 Экспериментальное исследование взаимосвязи пульсаций набегающего потока и возмущенной сверхзвуковой пограничного слоя при числах Маха 2 и 2,5. *Афанасьев Л.В., Яцкиш А.А., Косинов А.Д. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 17-18. Рус.

Аэро-термо-акустика и акустика горения

25.03-01.305 Горение в сверхзвуковом потоке в двухсекционном канале при боковой подаче сжатого воздуха и водорода. *Замураев В.П., Калинин А.П. Физика горения и взрыва.* 2025. 61, № 5, с. 3-9. Рус.

Численно изучено управление горением дросселирующими струями в двухсекционном канале с высокоскоростным потоком. Для создания в первой секции интенсивного горения углеводородного топлива в околозвуковом режиме применяются импульсы первой дросселирующей струи. Для поддержания режима перед расширением канала применяется боковая подача топлива после отключения первой струи. Для увеличения полноты сгорания топлива во второй секции используется вторая дросселирующая струя. Решаются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье–Стокса, замыкаемые κ – ϵ -моделью турбулентности. Горение моделировалось брутто-реакцией. Установлен пульсирующий режим горения водорода во второй секции при воздействии на него холодной дросселирующей струей. Изучено ее влияние на полноту сгорания водорода.

См. также 25.03-01.43

Ударные и взрывные волны, звуковой удар

25.03-01.306 Обратная задача восстановления достигнутого давления при искровом ударно-волновом зондировании жидкостей. *Беленьков Р.Н., Вербейко В.Н., Постников Е.Б. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04–06 декабря 2023 года.* Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024, с. 1235-1240. Рус.

На примере жидкого бромбензола, сжатого ударной волной, образующейся при искровом разряде, исследуется возможность определения давления в соответствующем компрессионном кольце на основании плотности, найденной по рентгенов-

скому изображению области уплотнения и уравнения состояния, базирующемся на подходе фоновой теории жидкости. Показано, что данное уравнение с параметрами, определенными при нормальных условиях, воспроизводит как изотерму статического изотермического сжатия, так и продолжающую ее кривую, соответствующую ударно-волновой компрессии до сверхвысоких давлений.

25.03-01.307 Влиянии термодинамической неравновесности на затухание возмущений за фронтом нейтрально-устойчивой ударной волны. *Конюзов А.В. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентности. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 109. Рус.

25.03-01.308 Анализ процессов, сопровождающих цилиндрическую кумуляцию. *Буравова С.Н. Физика горения и взрыва.* 2025. 61, № 5, с. 109-115. Рус.

Реакция материала на импульсное нагружение цилиндрических образцов определяется двумя взаимосвязанными процессами: движением ударной волны к оси образца и перемещением возмущений в виде тройных ударных конфигураций по фронту ударной волны. Площадь поверхности фронта возмущенной ударной волны растет за счет выступов, которые усиливаются в результате слияния с более мелкими возмущениями, постоянно генерируемыми ударной волной. Резкий рост площади фронта при приближении ударной волны к оси приводит к образованию нескольких крупных тройных ударных конфигураций, при этом фронт ударной волны разделяется на отдельные секторы, где они совершают колебательные движения. Столкновение мощных ударных конфигураций обеспечивает движение фронта ударной волны к оси путем выброса части сжатого материала из зоны столкновения вперед перед фронтом ударной волны и дополнительного уплотнения ударно-сжатого материала продольными ударными волнами конфигураций под фронтом волны. Процесс кумуляции завершается, когда высота выступов становится равной расстоянию от фронта ударной волны до оси. Околоосевое пространство занимает выступами фронта, а возникшая при этом отраженная ударная волна тормозит набегающий поток.

25.03-01.309 Модель ударного сжатия конденсированной среды. *Анисичкин В.Ф., Пруэл Э.Р. Физика горения и взрыва.* 2025. 61, № 5, с. 150-154. Рус.

Сформулирована эвристическая модель для расчета давления за фронтом ударной волны в конденсированной среде. Модель опирается на эмпирическую связь между полным давлением и произведением потенциальной составляющей давления на степень ударного сжатия. Модель подтверждается молекулярно-динамическими расчетами термодинамического состояния ударно-сжатой конденсированной среды и сравнением с экспериментальными данными по изотермическому и изоэнтропическому сжатию железа.

См. также **25.03-01.88**

Авиационная акустика

25.03-01.310 Бессеточное моделирование угловых аэроупругих колебаний эллиптического цилиндра на державке. *Андронов П.Р. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентности. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 13-14. Рус.

25.03-01.311 Исследование особенностей применимости адиабатического инварианта для расчета звуковых мод в плавно неоднородном канале с импедансными стенками. *Бачкатов В.В., Остриков Н.Н. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 36-44. Рус.

Одним из основных источников шума современного авиалайлера является вентилятор авиационного двигателя, а одним из

наиболее эффективных способов снижения его шума является облицовка каналов двигателя звукопоглощающими конструкциями (ЗПК). Для настройки ЗПК на максимальное снижение шума на местности необходимо знать, что представляет собой звук, распространяющийся в плавно неоднородных облицованных каналах авиадвигателей. В данной работе было проведено исследование аналитической модели расчета амплитуды звуковых мод в канале с импедансными стенками с использованием адиабатического инварианта, реализующегося в главном члене асимптотического разложения по малому параметру, описывающему плавную неоднородность канала. Исследование проводилось путем сравнения аналитического решения с численным, полученным с использованием верифицированного ранее для данного типа задач метода конечных элементов (МКЭ), в том числе в наиболее интересном с практической точки зрения случае резонансного слияния звуковых мод.

25.03-01.312 Численное моделирование и анализ аэроакустических характеристик нерасчетной сверхзвуковой струи. *Миرونюк И.Ю., Фараносов Г.А., Бычков О.П. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024).* Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 271-274. Рус.

Работа посвящена численному моделированию аэроакустических характеристик сверхзвуковой струи, истекающей из сопла Лаваля в покоящееся пространство на нерасчетном режиме. Представлены результаты расчетов методом моделирования крупных вихрей (LES). Получены характеристики шума струи в дальнем поле, включая его азимутальный состав. Проведено сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными и с теоретической моделью ударно-волнового шума и показано их удовлетворительное соответствие.

25.03-01.313 Излучение звука точечным источником вблизи поверхности летательного аппарата. *Мусатова Н.К., Сумбатьян М.А. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки.* 2020, № 1, с. 17-25. Рус.

Изучается задача излучения звука источником, расположенным в хвосте летательного аппарата. Сравняются три способа нахождения акустического давления: метод граничных интегральных уравнений, физическая теория дифракции Кирхгофа и лучевая теория. Рассматривается простейшая модель в виде двумерной задачи и некоторого тонкого удлиненного тела с острой задней кромкой. Задача дифракции для акустически твердого препятствия заключается в решении интегрального уравнения Фредгольма второго рода. Благодаря применению метода граничных интегральных уравнений уравнение по всей области сводится к уравнению по граничной кривой. Для численного решения уравнения применяется дискретизация по узлам сетки, выбранной на граничной кривой с использованием метода коллокаций. Образуется система линейных алгебраических уравнений с вещественными коэффициентами, из которой находится полное акустическое давление. Физическая теория дифракции Кирхгофа заключается в том, что при коротковолновой дифракции на произвольном выпуклом теле граничное значение давления в окрестности каждой граничной точки в зоне света равно удвоенному давлению в падающем поле. Согласно геометрической теории, модуль акустического давления в отраженном поле описывается функцией Ханкеля, аргумент которой равен полному пути пролета луча при его однократном отражении от границы. Графически сравнивается давление в полном поле при существовании в острой кромке узла разбиения и при его отсутствии; строятся отраженное поле, посчитанное тремя теориями, и отраженное поле в дальней точке приёма.

25.03-01.314 Расчетно-экспериментальные исследования акустики и акустической прочности летательных аппаратов: обзор. *Ходина А.С. Известия высших учебных заведений. Машиностроение.* 2024, № 11, с. 139-152. Рус.

Необходимость совершенствования авиационной техники ставит перед инженерами сложные задачи, в решении которых все большее значение имеет математическое моделирование, расширяющее возможности проектирования летательных ап-

паратов. Шум оказывает негативное влияние на здоровье человека, поэтому одно из перспективных направлений модернизации авиационных конструкций связано со снижением его уровня в салоне летательного аппарата. Помимо того, что шум вызывает дискомфорт и оказывает пагубное влияние на организм, акустические нагрузки могут способствовать образованию усталостных трещин в конструкции планера, что недопустимо. Описаны основные подходы к изучению акустики и акустической прочности как экспериментальным путем, так и с использованием математического моделирования. Дан обзор методов снижения шума в салоне. Выявлены перспективные направления исследований. Анализ литературы показал актуальность использования численных расчетов в процессе проектирования и разработки расчетно-экспериментальных методов, позволяющих сократить количество натурных испытаний.

См. также 25.03-01.47, 25.03-01.50, 25.03-01.305

Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

25.03-01.315 Изменение резонансных колебаний упругого цилиндра в потоке газа вблизи твердых тел. *Иванов О.О. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография).

Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

Теория линейных и нелинейных волн в геологических структурах

См. 25.03-01.80, 25.03-01.81

Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

25.03-01.318 Точное решение задачи Мичелла применительно к трубопроводам. *Корнеев В.С., Корнеев С.А., Шалай В.В. Известия высших учебных заведений. Машиностроение.* 2024, № 12, с. 11-20. Рус.

Для повышения точности и достоверности прочностных расчетов наиболее нагруженных участков трубопровода, проводимых с использованием теории упругих стержней, применяя методы математической теории упругости, соответствующие краевые задачи которой решают численно или аналитически. Известными примерами аналитического решения служит решение задачи Ламе для трубы, находящейся под внутренним и наружным давлением, и решение задачи Сен-Венана об изгибе призматического стержня кольцевого поперечного сечения, сделанного на одном конце и нагруженного поперечной силой на другом. Естественным продолжением задачи Сен-Венана является задача Мичелла, в которой рассматривают напряженное состояние в призматическом стержне, равномерно нагруженном по боковой поверхности. В научно-технической литературе задача Мичелла решена для общего случая призматического

2024, с. 95. Рус.

25.03-01.316 О конкуренции акустической неустойчивости и Майлсовского демпфирования в динамике вихревых течений. *Копьев В.Ф., Чернышев С.А., Барбасов А.Б. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 110. Рус.

25.03-01.317 Реализация и сравнение методов разделения широкополосной и тональной компонент применительно к шуму воздушного винта и открытого ротора. *Бражский А.В., Беляев И.В. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г.* М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 62-73. Рус.

Шум воздушных винтов и открытых роторов состоит из двух компонент (тональный и широкополосный шум), обусловленных различными физическими источниками. Существует ряд методов разделения тональной и широкополосной компонент шума, созданных для обработки экспериментальных данных. В настоящей работе проводится обзор этих методов, сравнение результатов применения и анализ работоспособности различных методов разделения компонент шума применительно к экспериментальным данным для шума одиночного винта и шума открытого ротора.

стержня произвольного поперечного сечения. Поэтому практическое применение имеющихся расчетных формул для кольцевого поперечного сечения трубопровода является затруднительным. В связи с этим рассмотрена и решена задача Мичелла в постановке, достаточной для нужд трубопроводного транспорта, когда на наружную и внутреннюю боковые поверхности воздействуют равномерно распределенные касательные напряжения, возникающие при осевом смещении и прокручивании трубопровода в грунте, а также при транспортировании высоковязких продуктов. Точное решение задачи Мичелла получено в напряжениях. Предварительно найдено приближенное решение задачи методами сопротивления материалов. Показано, что теория упругих стержней дает достоверные результаты для напряжений, а также достаточно точные результаты для перемещений, несмотря на деформацию поперечных сечений. Полученные результаты также могут быть полезны при разработке логически непротиворечивых математических моделей упругих стержней, работы над которыми ведутся по настоящее время.

Акустика Земли и планет

25.03-01.319 Стабилизация астропазы периодическими колебаниями звездного ветра. *Корольков С.Д., Измоденов В.В. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18–24 февраля 2024 года.* М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 111. Рус.

Акустическая экология; Шумы и вибрации

См. 25.03-01.52

Шумы и вибрации в воздушной среде

25.03-01.320 Обоснование требований к шумопоглощающей конструкции для цеха розлива ООО "ЛВЗ "Саранский". *Гуцина Д.В., Савельев А.П. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской*

конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 135-142. Рус.

Представлены результаты лабораторных экспериментов по определению звукопоглощающих свойств шумозащитной конструкции. Цель исследования заключается в разработке шумопоглощающей конструкции для цеха розлива алкогольной продукции ООО «ЛВЗ «Саранский», которая соответствует высо-

ким санитарно-гигиеническим требованиям, предъявляемым к предприятиям перерабатывающей отрасли агропромышленного комплекса. В качестве шумопоглощающей конструкции была рассмотрена многослойная панель, состоящая из защитной пленки и картонных листов, между которыми расположены сотовой наполнитель, в виде пустотелых шестигранных ячеек. Выявлено, что исследуемая панель обладает низкими звукопоглощающими свойствами. Для достижения наиболее эффективного подавления шума, звукопоглощающая панель требует дальнейших конструктивных доработок.

25.03-01.321 Расчетное исследование настройки совместно работающих резонаторов Гельмгольца. *Крылова А.С., Глазков А.О., Надарейшвили Г.Г., Юдин С.И.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 226-236. Рус.

Приведены результаты расчетного анализа применения резонаторов Гельмгольца в практическом использовании в системах автомобиля с учетом соответствующей специфики. Приводится анализ совместной работы нескольких резонаторов Гельмгольца с выводами по возможности их частотной акустической настройки. Приводятся примеры результатов расчетов в применении к конкретным задачам. Расчетные исследования проводились с применением численного метода конечных элементов с дальнейшим представлением результатов в виде графических зависимостей.

25.03-01.322 Методы снижения шума от бортовых систем служебного модуля российского сегмента Международной космической станции для комфортной работы и проживания космонавтов. *Нагибин Н.С., Сычев А.В., Зайцев К.И., Половнев А.Л.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 285-290. Рус.

Рассмотрена проблема повышенного уровня шума на Международной космической станции. Представлен способ снижения шума. Показано, что правильное применение средств снижения шума приводит к снижению шума для комфортной работы и проживания космонавтов. Сделаны выводы, что подобные средства снижения шума можно применять на вновь разрабатываемых космических аппаратах и станциях.

25.03-01.323 Методология локализации источников шума в салоне транспортных средств с помощью микрофонных решеток. *Панов С.Н., Василенков Д.А., Коганицкий Ю.С., Лесных Т.О., Маслов Г.А., Токарев С.Ю., Митенков В.В.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 299-312. Рус.

Рассмотрена методология пространственной локализации источников внутреннего шума транспортных средств — самолетов гражданской авиации и автомобилей в условиях эксплуатации с целью улучшения акустического комфорта для пассажиров. Для локализации используется твердотельная сферическая решетка. При обработке данных применены методы сферического бинформинга (SBF) и «метод эквивалентного источника» (ESM), которые позволили получить пространственные шумовые карты соответственно звукового давления (SBF) и интенсивности звука (ESM) в измерительных точках. Сделаны выводы об эффективности их применения для локализации источников и идентификации составляющих спектров внутреннего шума.

25.03-01.324 Снижение шума железнодорожного транспорта в различных типах жилой застройки. *Шабарова А.В., Буторина М.В.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 408-414. Рус.

Рассмотрена зависимость затухания железнодорожного шума в застройке от ее шероховатости. Приведены результаты измерений уровней шума и величины затуханий шума на террито-

рии жилой застройки, прилегающей к участкам железной дороги. Проведена статистическая обработка полученных результатов и сделаны окончательные выводы о величинах затухания шума в застройке с различной шероховатостью. Полученные данные могут быть использованы для ориентировочного определения величины снижения шума в застройке с определенной этажностью.

См. также **25.03-01.312**

Воздействие шумов и вибраций на сооружения и технику

25.03-01.325 Исследование вибраций промышленных швейных машин. *Новиков Ю.В., Горняк С.В., Новиков В.Ю.* Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024, № 8, с. 31-41. Рус.

Рассмотрена проблема снижения вибрационной активности корпусных деталей швейных промышленных машин. Предложен и апробирован способ уменьшения вибрации промышленного стола путем установки швейной головки на принципиально новый материал вибрационного изолятора, что снижает усилия, передаваемые на промышленный стол и фундамент. Результаты теоретических расчетов виброизоляции подтверждены данными экспериментального исследования параметров вибрации промышленного стола. Применение разработанной конструкции виброизолятора позволяет уменьшить параметры виброскорости и виброускорения базового оборудования.

25.03-01.326 Плоская задача в системе виброизоляции с активным динамическим гасителем колебаний. *Бурьян Ю.А., Шалай В.В., Ситников Д.В., Бурьян А.А.* Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024, № 10, с. 3-8. Рус.

Рассмотрена плоская задача виброизоляции и виброзащиты с активным динамическим гасителем колебаний в предположении, что имеется один гаситель, расположенный вблизи центра масс подвешенного на двух упруго-диссипативных опорах виброактивного агрегата. На основе составленной математической модели проанализировано влияние расстояния от центра масс активного динамического гасителя колебаний до точки приложения виброактивных сил. Показано, что при симметричном расположении опор нет взаимовлияния их упругих полей, эффективность виброизоляции остается высокой, но виброзащитные свойства ухудшаются при включении гасителя из-за угловых колебаний. Выявлено, что при несимметричном расположении опор эффективность виброизоляции остается неизменно высокой. Установлено, что для обеспечения эффективной виброизоляции и виброзащиты активный динамический гаситель колебаний необходимо располагать как можно ближе к центру масс виброактивного тела. Либо следует использовать не один, а два гасителя под каждой опорой, что требует дополнительного исследования.

См. также **25.03-01.58, 25.03-01.66**

Структурная акустика и вибрации

25.03-01.327 Возможности применения альтернативных топлив для снижения структурного шума двигателя внутреннего сгорания. *Нгуен Д.К., Яковенко А.Л., Хрулев А.М., Скороделов С.Д.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 186-195. Рус.

Рассмотрено изменение структурного шума от рабочего процесса двигателя внутреннего сгорания при использовании альтернативных топлив. Представлены результаты расчетных и экспериментальных исследований структурного шума дизеля при его работе на газовом и смесевом топливах. Анализ результатов работ показал, что наибольший эффект достигается при переводе дизеля на газовое топливо и искровое зажигание. Для газодизельного процесса снижение шума от рабочего процесса значительно меньше из-за сохранения высокой степени

сжатия. Использование смесового топлива выявило необходимость коррекции угла опережения впрыскивания для снижения уровня шума. Представлена методика и некоторые результаты исследования структурного шума от рабочего процесса дизеля 4СН11/12,5 при его конвертации на питание диметилловым эфиром.

25.03-01.328 О некоторых классах корректных задач мембранной теории выпуклых оболочек. *Тюриков Е.В.* Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2020, № 3, с. 25-29. Рус.

На основе теории модифицированной задачи Римана—Гильберта для обобщённых аналитических функций дается геометрическое описание достаточно широкого семейства корректных по И.Н. Векуа граничных задач мембранной теории выпуклых оболочек с кусочно-гладкой поверхностью. При этом решение соответствующей задачи Римана—Гильберта для эллиптической системы уравнений равновесия отыскивается в классах Н.И. Мухелишвили и реализует состояние безмоментного напряжённого равновесия при условии концентрации напряжений (по терминологии А.Л. Гольденвейзера) в заданных угловых точках границы серединной поверхности оболочки. При этом число условий разрешимости граничной задачи, а также их вид вполне определяются значением граничного условия, для вычисления которого приведена эффективная формула. Найдены семейства оболочек, для которых картина разрешимости основной граничной задачи совпадает с картиной разрешимости задачи И.Н. Векуа для оболочек с гладкой границей.

См. также **25.03-01.58**, **25.03-01.61**, **25.03-01.66**, **25.03-01.325**, **25.03-01.326**

Поглотители слабых и интенсивных акустических волн

См. **25.03-01.311**, **25.03-01.321**

Шумоизоляция

25.03-01.329 Явные решения в проблеме звукоизоляции с использованием многослойных структур при нормальном прохождении волн. *Сумбатян М.А., Черникова М.В.* Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2024, № 2, с. 40-49. Рус.

Рассматривается задача о звукоизоляции на сверхнизких частотах (30—200 Гц) с помощью многослойных конструкций при одномерном нормальном прохождении плоской волны и произвольном числе слоев. Предполагается, что многослойная конструкция состоит из параллельных друг другу акустических слоев, соединенных между собой по вертикальным граничным линиям. Слева и справа от неё расположены акустические полупространства (воздух). Для исследования поставленной задачи определены акустические параметры, описаны волновые уравнения гармонического процесса для её левых и правых по-

лупространств. При помощи уравнения Гельмгольца и систем линейных алгебраических уравнений для заданных граничных условий получены явные аналитические решения для нахождения коэффициента прохождения (коэффициента прозрачности) при произвольном количестве слоев. Рассмотрены примеры решения задач звукопоглощения на низких частотах для строительных конструкций с разным количеством слоев чередующихся между собой строительных материалов и воздушных пространств. Для звукопоглощения на низких частотах при помощи оценки уровня шумоподавления подтверждена эффективность применения смешанных конструкций, в которых воздушные слои расположены между слоями с высоким импедансом.

См. также **25.03-01.311**, **25.03-01.320**, **25.03-01.322**, **25.03-01.323**

Активные методы подавления шума

25.03-01.330 Особенности измерения акустических характеристик глушителей шума методом четырех микрофонов. *Быков А.И., Матасова О.Ю., Комкин А.И., Богомолова В.В., Поляченко А.А.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 74-82. Рус.

Приведено описание экспериментальной установки для измерения акустических характеристик глушителей шума на основе метода четырех микрофонов. Приведены результаты экспериментальных исследований диссипативного глушителя шума, проведенных на разработанной установке. Экспериментальные данные сравнивались с расчетными результатами, полученными на основе численного моделирования в программном комплексе COMSOL Multiphysics.

25.03-01.331 Экспериментальное исследование широкополосного алгоритма активного гашения звука с быстрой адаптацией в частотной области. *Львов А.В., Карасева В.А., Родионов А.А., Ожунев А.Г.* Акустический журнал. 2025. 71, № 1, с. 138-145. Рус.

Предложен способ построения системы активного гашения на основе алгоритма с процедурой плавной адаптации в частотной области. Предложенный способ отличается высокой скоростью сходимости, а также возможностью реализации вычислительной части системы на ЭВМ общего назначения. Представлены результаты имитационного моделирования и экспериментального исследования эффективности предложенной системы активного гашения на созданном макете. Показано, что, используя описанный в работе способ построения системы активного гашения, удалось достичь уровня подавления до 20 дБ на экспериментальном макете и до 28 дБ на имитационной модели. Отдельное внимание уделено архитектуре экспериментального макета и используемым программным средствам. Ключевые слова: система активного гашения звука, адаптивное шумоподавление DOI: 10.31857/S0320791925010149.

Акустика помещений; Музыкальная акустика

Акустика концертных залов

25.03-01.332 Проблемы акустики спортивных арен без звукопоглощающей отделки. *Купоросова И.С., Петрошкин А.В., Фадеев А.С., Канев Н.Г.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 247-254. Рус.

Рассмотрена проблема акустики спортивных арен. Приведены результаты измерения времени реверберации на девяти спортивных аренах, в которых не предусмотрена специальная

акустическая отделка. На основании сопоставления акустических характеристик арен с известными рекомендациями сделан вывод, что все рассмотренные арены имеют высокое время реверберации. Показано, что для обеспечения хороших акустических условий отделка внутренних поверхностей арен должна обязательно включать применение эффективных звукопоглощающих материалов.

25.03-01.333 Обзор концертно-зрительных залов России с переменной акустикой. *Сучкова Д.М., Фадеев А.С.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 390-400. Рус.

Многofункциональные концертно-зрительные залы были и остаются актуальными сооружениями и проектными решениями в настоящий момент. Города и поселения с небольшой численностью населения должны обладать хотя бы одним концертным залом, в котором должны быть соблюдены соответствующие требования и должен ощущаться акустический комфорт при любом акустическом сценарии (проведение концертов с естественной акустикой или со звукоусилением). Достижение такого результата возможно — достаточно создать многофункциональный зал с переменной акустикой, который успешно пройдет акустические испытания. В статье рассмотрены основные геометрические и время реверберации некоторых залов России с переменной акустикой. Проведена проверка на предмет соответствия нормативным документам.

Общие вопросы архитектурной акустики

25.03-01.334 Оценки звуковых ландшафтов учебно-го и общественного помещений МГТУ им. Н.Э. Баумана. *Римская-Корсакова Л.К., Комкин А.И., Шуляпов С.А., Демидова Ю.А., Канев Н.Г. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 343-353. Рус.*

Представлены результаты тестирования метода исследования звуковых ландшафтов, принятого международной организацией стандартизации ISO. Оценку звуковых ландшафтов аудиторий учебного заведения проводили методом анкетирования. Экспертами были студенты, хорошо знакомые со звуковой средой исследуемых помещений. Одновременно с анкетированием проводили регистрацию звуков для последующего расчета физических и психоакустических характеристик звуковой среды. Анализ полученных результатов показал, что анализ звуковых ландшафтов в аудиториях учебных заведений дополняет санитарный контроль за уровнями звукового давления в помещениях путем количественной оценки приемлемости звуковой среды помещения, определения ее соответствия месту.

25.03-01.335 Проблемы акустики школьных классов. *Стукало А.А., Алексин В.М. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 381-389. Рус.*

Статья посвящена проблеме акустики в школьных классах. Несмотря на значительное внимание к созданию комфортных условий обучения, недостаточное качество звукового окружения остается актуальной проблемой, затрагивающей как процесс обучения, так и здоровье учащихся. В статье рассмотрены основные аспекты проблемы акустики и приведены результаты анализа возможных решений, включая использование специализированных материалов и оборудования, а также разработку оптимальной акустической концепции для школьных классов.

Общие вопросы строительной акустики

25.03-01.336 Влияние продольной силы на динами-

ческий отклик сталебетонных стержней при гармонических нагрузках. *Шюда И.В. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 415-423. Рус.*

Представлены результаты двухэтапного экспериментального исследования сталебетонного образца, нагруженного ступенчато изменяющейся продольной силой, при действии поперечных колебаний. Источником колебаний на первом этапе исследования был однократный импульс от ударника, направленный перпендикулярно образцу. На втором этапе эксперимента образец подвергался многократным импульсам, которые создавались электродвигателем с эксцентричным диском. В ходе исследования была установлена зависимость между уровнем сжимающей силы и частотой свободных колебаний. Результаты эксперимента представлены в виде графика, отражающего связь между частотой колебаний и силой сжатия. Установлено, что внутренние напряжения в образце практически не влияют на значение коэффициента неупругой работы материала. Кроме того, при определенном уровне сжимающей силы наблюдается резонанс, когда частота внешних и собственных колебаний образца совпадает.

25.03-01.337 Компьютерное моделирование нестационарных упругих волн напряжений в консоли и десятиэтажном здании при фундаментальном воздействии в виде функции Хевисайда. *Мусаев В.К.О. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2022. 14, № 2, с. 187-196. Рус.*

На основе метода конечных элементов в перемещениях разработаны алгоритм и комплекс программ для решения линейных плоских двумерных задач, которые позволяют решать задачи при нестационарных волновых воздействиях на сложные системы. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Рассматривается задача о воздействии плоской продольной волны в упругой полуплоскости в виде четырех трапеций и в виде двух полупериодов синусоиды для оценки физической достоверности и математической точности. Решается система уравнений из 8 016 008 неизвестных. Рассматривается задача о воздействии плоской продольной упругой волны в виде функции Хевисайда на консоль с основанием (соотношение ширины к высоте один к десяти). Решается система уравнений из 16 016 084 неизвестных. Рассматривается задача о воздействии плоской продольной упругой волны в виде функции Хевисайда на десятиэтажное здание с основанием в виде полуплоскости. Решается система уравнений из 16 202 276 неизвестных. В характерных областях исследуемой задачи получены контурные напряжения и компоненты тензора напряжений: упругое контурное напряжение на гранях консоли и десятиэтажного здания являются почти зеркальным отражением одна другой, то есть антисимметричным. Консоль и несущие конструкции здания при сейсмическом воздействии работают как балка, то есть если на одной грани растягивающие напряжения, то на другой сжимающие напряжения. На контурах консоли и несущих конструкций здания при сейсмическом воздействии в основном преобладают изгибные волны.

См. также **25.03-01.334**, **25.03-01.335**

Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

Компьютерная обработка результатов эксперимента

25.03-01.338 Разработка элементов медицинской информационной системы для мониторинга состояния пациентов пульмонологического профиля с использованием нейросетевых технологий при анализе кашлей. *Абрамов Г.В., Воротынцева А.В. Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04–06 декабря 2023 года. Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2024, с. 136-139. Рус.*

Данная статья посвящена разработке элементов медицинской информационной системы для мониторинга состояния пациентов пульмонологического профиля. Для создания элементов этой системы используются нейросетевые технологии. Построены нейросетевые модели для решения задачи классификации, целью которой является распознавание звуков кашля, а также произведена оценка эффективности их работы на тестовых данных. При этом использовалось различное преобразование входных звуковых данных, как преобразование в массив амплитуд и построение спектрограммы.

25.03-01.339 Применение программного комплекса AVL EXCITE для моделирования структурного шума

двигателя внутреннего сгорания. *Казаков С.С., Яковенко А.Л., Скорodelов С.Д.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 178–185. Рус.

Рассмотрена методика моделирования структурного шума двигателя внутреннего сгорания с использованием объектно-ориентированного программного комплекса AVL EXCITE. Приведены основные этапы моделирования и получаемые результаты. Выполнен расчет звуковой мощности от рабочего процесса дизеля 4ЧН 11/12,5 на номинальном режиме работы. Показаны некоторые результаты моделирования распределения виброскоростей по наружным поверхностям корпусных деталей и звуковое поле дизеля на разных частотах. Применение объектно-ориентированного комплекса позволило получить подробную информацию по вкладам отдельных поверхностей в общую величину звуковой мощности дизеля 4ЧН 11/12,5. Наибольший вклад вносят блок-картер и масляный поддон.

25.03-01.340 Алгоритмы и системы обработки многочастотных сигналов подвижных объектов. *Попов Д.И.* Приборы. 2025, № 1, с. 36–41. Рус.

Рассмотрены алгоритмы и системы квазиоптимальной и подоптимальной обработки многочастотных эхо-сигналов подвижных объектов на фоне коррелированных (пассивных) и некоррелированных (собственных шумов) помех. При марковских аппроксимациях помехи структура исходной системы оптимальной обработки в каждом частотном канале приведена к традиционной квазиоптимальной структуре «режекторный фильтр—когерентный накопитель». Дальнейшее упрощение систем обработки приводит к системам, одноканальным по доплеровской фазе сигнала в каждом частотном канале, и к системам с некогерентным суммированием выходных отсчетов режекторных фильтров. Приведены структурные схемы синтезированных систем обработки многочастотных сигналов подвижных объектов.

25.03-01.341 Исследование сеточной сходимости в задаче моделирования гидроакустических сигналов в COMSOL Multiphysics. *Федорова Н.В.* Химическая физика и мезоскопия. 2025, 27, № 1, с. 55–61. Рус.

На примере моделирования в программной среде COMSOL Multiphysics 6.1 акустической волны в водной среде методом конечных элементов исследовалась сеточная сходимость в зависимости от размера ячейки в сгенерированной сетке. Максимальный размер ячеек сетки определялся длиной акустической волны в воде ($\lambda=1.5$ мм при частоте виртуального источника волны 1 МГц). В работе исследовалась сеточная сходимость для случаев с N от 5 до 80, где N — число ячеек сетки, входящих на одну длину волны. Радиус моделирования R изменялся от 0.02 до 0.08 m . По результатам работы были сделаны выводы о технических возможностях использования программной среды COMSOL Multiphysics для камерального исследования особенностей распространения гидроакустических сигналов в водной среде. Ключевые слова: компьютерное моделирование, COMSOL Multiphysics, акустические волны, метод конечных элементов, сеточная сходимость.

Акустика живых систем; Биологическая акустика

Действие акустических колебаний на биологические среды и живые организмы

25.03-01.344 Влияние низкочастотных виброакустических воздействий на окислительно-восстановительные процессы. *Богатов Н.А., Савина А.С., Пентюжин Е.И., Зоткин А.П.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 45–48. Рус.

См. также **25.03-01.48, 25.03-01.337**

Компьютерный эксперимент и численное решение нелинейных задач

См. **25.03-01.341**

Обработка акустических изображений

25.03-01.342 Разрешение шумовых сигналов при наличии случайных неоднородностей океанической среды. *Кузькин В.М., Переселков С.А., Грачев В.И., Рыбачев П.В., Ткаченко С.А.* Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024, 16, № 3, с. 395–406. Рус.

Обсуждено формирование голограммы шумовых сигналов в случайно-неоднородной океанической среде. Показано, что голограмма сигналов нескольких источников представляется преимущественно суммой голограмм сигналов, формирующихся невозмущенными и возмущенными полями. Описан метод очищения голограммы от возмущенных полей. Предложены критерии разрешения сигналов. Приведены результаты численного моделирования по разрешению двух сигналов и оценке параметров источников на фоне интенсивных внутренних волн, вызывающих горизонтальную рефракцию мод звукового поля.

См. также **25.03-01.263, 25.03-01.264, 25.03-01.296, 25.03-01.340**

Акустическая голография и томография

25.03-01.343 Голографическая обработка гидроакустической информации с применением линейных антенн. *Кузькин В.М., Переселков С.А., Матвиенко Ю.В., Грачев В.И., Ткаченко С.А., Стадная Н.П.* Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2023, 15, № 2, с. 169–178. Рус.

Рассмотрено формирование интерферограммы и голограммы движущегося подводного шумового источника с использованием линейных антенн. Выведена связь спектральной плотности голограммы с апертурой и угловой зависимостью принимаемого поля. Оценен коэффициент усиления антенны. Обсужден вопрос о предельном входном отношении сигнал/помеха, при котором сохраняется работоспособность голографической обработки. Получено аналитическое выражение, устанавливающее связь между отношениями сигнал/помеха на выходе и входе антенны. Сформулированы условия, при которых интерферограмма источника не искажается.

См. также **25.03-01.49, 25.03-01.261, 25.03-01.262, 25.03-01.263, 25.03-01.264, 25.03-01.265, 25.03-01.282**

Обращение фронта и времени, адаптивные системы

См. **25.03-01.97, 25.03-01.331**

Исследовано влияние низкочастотных колебаний на введенную кинетическую характеристику взаимности от частот гармонических колебаний вводимого виброакустического воздействия в диапазоне частот от 10 до 65 Гц. Обнаружена степенная зависимость отношения изменения оптической плотности образца, подвергнутого воздействию, к изменению оптической плотности контрольного образца, для которого окислительно-восстановительный процесс обесцвечивания протекал самопроизвольно, в зависимости от частоты.

25.03-01.345 Влияние низкочастотного виброакустического воздействия на прорастание семян гороха. *Журавлева М.О., Богатов Н.А., Савина А.С., Пентю-*

Хин Е.И., Халаджан Е.А. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 148-151. Рус.

Рассмотрена возможность использования низкочастотного виброакустического воздействия в качестве предпосевной обработки семян, а также последствия этого воздействия. Был осуществлен анализ влияния обработки на рост и развитие растения, а также приведены экспериментальные данные о состоянии растений после низкочастотного виброакустического воздействия на примере гороха сорта Немчиновский 100. Сделаны выводы о целесообразности проведения дальнейших исследований исходя из полученных данных.

25.03-01.346 Исследование вредных факторов при проведении магнитно-резонансной томографии. Микита Г.И., Щиголь В.И. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 265-270. Рус.

Исследована новейшая история исследований влияния вредных факторов на человека при проведении магнитно-резонансной томографии (МРТ). Выявлены вредные факторы, связанные с магнитным полем, звуковым воздействием, вибрационно-ударным действием. Проведены оценки реактивности и физиологического состояния человека до МРТ и после него. Сделаны выводы о негативных последствиях от МРТ и рекомендована минимальная периодичность повторных проведенных МРТ.

25.03-01.347 Влияние низкочастотных виброакустических воздействий на процессы с участием биологически активных соединений. Халаджан Е.А., Кокорин Н.А., Вазатов Н.А. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 401-407. Рус.

Представленная работа является продолжением серии исследований по изучению особенностей протекания химических процессов в поле низкочастотного виброакустического воздействия. В представленной статье рассматриваются взаимодействия малоэнергетических виброакустических колебаний с биологически активными структурами клатратного, на примере медицинского препарата йодиола, и хелатного, на примере медицинского препарата бетадина, типов. Установлено изменение как состояния подобных структур, так и антимикробных свойств медицинских препаратов. Выдвинуто предположение о природе негативного влияния низкочастотного виброакустического воздействия на живые организмы.

25.03-01.348 Влияние акустической среды на вариабельность сердечного ритма у различных этнических групп. Щиголь В.И., Микита Г.И. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 424-432. Рус.

Представлено исследование влияния акустической среды на вариабельность сердечного ритма (ВСР) у представителей различных этнических групп. Исследование охватило 465 молодых мужчин в возрасте 18–24 лет из российских, иранских и китайских этнических групп. Методология включала анализ ВСР в контролируемых акустических условиях. Основным инструментом сбора данных служила система «Варикорд 2.8». Исследование позволило выявить значительные межэтнические различия в реакции ВСР на акустическую среду, указывая на специфическую чувствительность различных этнических групп к акустическим стимулам. Исследование вносит значимый вклад в разработку индивидуализированных методов профилактики и коррекции нарушений сердечно-сосудистой системы, а также способствует более глубокому пониманию механизмов взаимодействия акустической среды с вегетативной нервной системой.

25.03-01.349 Акустические методы безреагентной медицинской лабораторной диагностики. Клемина А.В., Гурбатов С.Н., Клемин В.А. Акустический журнал. 2025. 71, № 1, с. 146-152. Рус.

Обсуждаются акустические методы безреагентной медицинской лабораторной диагностики на основе прецизионных измерений скорости и затухания звука в биологических жидкостях. Определение этих параметров производится на разных частотах и при разных температурах жидкости с использованием высокочастотных резонаторов. Разработанные методы реализованы в измерительном акустическом анализаторе «БИОМ». Прибор содержит два ультразвуковых резонатора сверхмалого (порядка 100 мкл) объема. Микропроцессорная система прибора осуществляет управление двумя ультратермостатами и поддерживает температуры в резонаторах в диапазоне (20–38)°С с точностью 0.005°С. Разработанное специальное программное обеспечение позволяет определять акустические характеристики (скорость и поглощение ультразвука) в сыворотке крови, цельной крови и плазме с относительной погрешностью $5 \cdot 10^{-4}$ по скорости ультразвука и 10^{-2} по поглощению ультразвука. Такие характеристики позволяют определять общий белок, белковые фракции, параметры липидного спектра и аполинпротеинов А₁ и В, а также упругие свойства эритроцитов пациентов in vitro. Ключевые слова: акустический резонатор, ультразвук, ультратермостат, биосреда DOI: 10.31857/S0320791925010152.

25.03-01.350 О роли критических полос слуха в проявлении стимул-специфической адаптации в импульсной активности нейронов первичной слуховой коры бодрствующих мышей. Егорова М.А., Акимов А.Г., Хоружий Г.Д. Сенсорные системы. 2025. 38, № 1, с. 48-55. Рус.

Впервые изучена специфика частотных эффектов освобождения от стимул-специфической адаптации в активности одиночных нейронов первичных полей слуховой коры у домашних мышей, находящихся в бодрствующем состоянии. В условиях адаптации реакций нейронов к звуковым последовательностям, состоящим из четырех идентичных тонов, взрослым самкам предъявляли пятый, девиантный тональный сигнал, частота которого отличалась от частоты первых четырех тональных импульсов серии. Это приводило к полному или частичному освобождению реакций нейронов от адаптации в ответах на пятый компонент последовательности, т.е. ответ на пятый тон существенно превышал ответы на 2–4-й тоны. Эффект освобождения от стимул-специфической адаптации усиливался при локализации частот основной последовательности тонов и девиантного тона в двух неперекрывающихся критических полосах слуха мыши. Таким образом, получено подтверждение участия механизма критических полос в усилении реакции новизны слуховых нейронов среднего мозга и слуховой коры.

См. также **25.03-01.322, 25.03-01.323**

Распространение акустических волн в тканях и органах

25.03-01.351 Экспериментальные исследования акустического поля поперечных волн в модели биологической ткани. Кравчук Д.А., Чернов Н.Н., Переселков С.А., Мизралиева А.И. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. 16, № 3, с. 381-386. Рус.

Разработаны принципы проведения ультразвуковой диагностики при помощи технологии эластографии и представлена схема экспериментальной установки. Биологическая ткань смоделирована материалом силикон. Проведены исследования по определению продольной и поперечной составляющей скорости звука. Дальнейшие исследования позволят создать базу данных различных образцов патологических и здоровых тканей.

Математическое моделирование процессов в медицинской и биоакустике

25.03-01.352 Моделирование подсистемы анализа сфигмограмм. Кириченко И.А., Титова Т.В. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 242-247. Рус.

Рассмотрены вопросы применения метода сфигмографии. На основании разработанной структурной схемы измерительного преобразователя артериальной пульсации крови предложена реализация распространения пульсовой волны в среде LabVIEW.

См. также **25.03-01.56**

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

25.03-01.353 Визуализация внутренних структур биообъектов на основе нелинейного взаимодействия ультразвуковых волн со средой. *Вареникова А.Ю., Чернов Н.Н. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 55-60. Рус.

Ультразвуковые методы определения характеристик биотканей являются одними из самых распространенных методов диагностики. Несмотря на свои преимущества, УЗ недостаточен информативен. Для повышения информативности предлагается восстановление интегрального нелинейного параметра и коэффициента отражения акустических волн повышенной интенсивности.

25.03-01.354 К вопросу о безопасности диагностического ультразвука для интроскопии. *Лагута М.В., Чернов Н.Н. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 162-166. Рус.

Медицинская статистика говорит о некоторых изменениях при воздействии ультразвука на ткани человеческого мозга, центральной нервной системы и репродуктивных органов. Снижение вредного воздействия ультразвука возможно путем понижения его интенсивности или частоты, однако, при этом наблюдается уменьшение глубины проникновения или разрешающей способности. В работе предлагается использование в качестве зондирующих импульсов широкополосные сигналы, которые позволяют снизить интенсивность ультразвука на ткани без потерь качества интроскопии.

25.03-01.355 Применение широкополосных сигналов в ультразвуковой медицинской интроскопии с целью уменьшения интенсивности воздействия ультразвука. *Лагута М.В., Чернов Н.Н. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 166-170. Рус.

Приводится описание характеристик параметрических антенн, разрабатываемых в Южном федеральном университете на кафедре Электрогидроакустики и медицинской техники и предназначенных для наблюдения подводной обстановки с использованием необитаемых аппаратов. Приводится пример одновременного использования совокупности разрабатываемых параметрических антенн в многофункциональной гидроакустической системе, предназначенной для картографических, промысловых, навигационных и поисковых целей.

См. также **25.03-01.349**

Речеобразование и восприятие речи

25.03-01.356 Моделирование акустических параметров слухового анализатора. *Кириченко И.А., Кириченко И.И., Кумова Д.М. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 152-157. Рус.

Рассмотрены вопросы, касающиеся теоретических исследований акустических параметров слуховой улитки человека. Получены зависимости распространения скорости звука, амплитуды

звукового давления и акустического импеданса от длины мембраны. Проведено сравнение полученных значений для мужчин и женщин. Ключевые слова: слуховая улитка, скорость звука, акустический импеданс.

25.03-01.357 Регрессионный анализ результатов субъективных и объективных методов диагностики слуха. *Кириченко И.А., Кириченко И.И., Кумова Д.М. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов.* Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 157-162. Рус.

Рассмотрены результаты регрессионного анализа тональных пороговых аудиограмм и тимпанограмм пациентов с диагнозом отит. Определены средние значения коэффициента корреляции для выделенных частотных интервалов тональных аудиограмм и выделенных областей внутрибарабанного давления на примере тимпанограмм типа С. Показано, что в качестве значащего признака силы связи можно учитывать знак коэффициента корреляции для рассматриваемых случаев отклонения от нормы.

25.03-01.358 Современные подходы к кохлеарной имплантации при аномалиях внутреннего уха: аудиологические аспекты. *Тунян Н.Т., Кузовков В.Е., Левин С.В., Бычкова Е.В. Сенсорные системы.* 2025. 38, № 1, с. 333-13. Рус.

Показания к кохлеарной имплантации (КИ) постоянно расширяются, выходя за рамки тяжелой и полной глухоты, включая пациентов с односторонней глухотой, а также в последнее время с врожденными анатомическими аномалиями внутреннего уха. Среди врожденных случаев сенсо-невральной тугоухости аномалии развития внутреннего уха (АРВУ) составляют примерно 20% случаев, причем до 35% из них соответствуют критериям кохлеарной имплантации. В связи с более широким использованием магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (КТ) сканирования височной кости расширяется и популяция реципиентов кохлеарных имплантов среди пациентов с АРВУ, что закономерно требует ретроспективной оценки клинических результатов. При этом безусловно важной является оценка не только хирургических результатов, характеризующих в первую очередь безопасность КИ в данной подгруппе пациентов, но и аудиологических исходов: степени восстановления речи и слухового восприятия, без которых нельзя получить полное представление об эффективности кохлеарной имплантации. Учитывая разнообразную анатомию улитки при АРВУ, при планировании кохлеарной имплантации определение типа электродной решетки, длины и глубины его введения, а также выбор между КИ или стволомозговой имплантацией имеет первостепенное значение не только для успеха самого оперативного вмешательства, но и для результатов последующей слухоречевой реабилитации. Целью настоящего обзора является анализ данных современной литературы по оценке аудиологических результатов кохлеарной имплантации у пациентов с врожденными АРВУ по сравнению с пациентами с нормальной анатомией улитки. Мы попытались выделить АРВУ, при которых КИ дает наилучшие результаты, а также те пороки развития, при которых требуется тщательное планирование хирургического этапа, специфичный выбор электродной решетки, а также профилактика возможных послеоперационных осложнений.

25.03-01.359 Роль огибающей в различении гребенчатых спектров у слушателей с разным уровнем слуховой чувствительности. *Нечаев Д.И., Милехина О.Н., Томозова М.С., Супин А.Я. Сенсорные системы.* 2025. 38, № 1, с. 14-26. Рус.

Звуковой сигнал с гребенчатым спектром имеет периодичность огибающей, которая отсутствует у сигнала со сплошным спектром. Исследована роль огибающей сигнала в задаче различения сигналов с гребенчатыми спектрами. В качестве тест-сигнала использовали шум с гребенчатым спектром со спектральной полосой шириной 2 окт. В качестве референтного сигнала использовали шум со сплошным спектром. В экспериментах принимали участие слушатели с разной чувствительностью слуха. Для оценки различения плотности спектральной

ных рисунков применяли тест реверсии фазы гребней. Пороги различаемой плотности определяли в зависимости от ширины гребней спектра для двух типов сигнала: без дополнительной модуляции огибающей и с дополнительной модуляцией огибающей. Снижение слуховой чувствительности приводило к снижению различения плотности спектра при всех значениях ширины гребней спектра. Добавление амплитудной модуляции приводило к ухудшению различения у всех слушателей при всех значениях ширины гребней спектра, но не до порогов, определяемых спектральным механизмом. Предполагается, что в данной задаче различение гребенчатой структуры спектра определяется скрытой временной структурой звукового сигнала с гребенчатым спектром, а не периодичностью огибающей. При добавлении модуляции происходит снижение ощущения высоты повторения (repetition pitch).

25.03-01.360 Временные характеристики речи пациентов с постлингвальной сенсоневральной тугоухостью III степени без использования слуховых аппаратов и при слухопротезировании. *Арутюнян К.С., Голованова Л.Е., Зайцева Л.Г., Андреева И.Г. Сенсорные системы.* 2025. 38, № 1, с. 38-47. Рус.

У постлингвально оглохших пациентов, в отличие от потерявших слух в раннем возрасте, сохраняется сформированный ранее контроль на основе прямой связи слуха и речи. Вместе с тем при нарушении слуха у пациентов выявляются изменения в процессе речепродукции по сравнению с нормально слышащими, которые обусловлены ухудшением обратной слуховой связи. Насколько нарушенные при тугоухости механизмы слухового контроля могут быть скомпенсированы при слухопротезировании, остается малоизученным вопросом. Проведено исследование влияния восстановленного слухового контроля на артикуляционную моторику при адекватном слухопротезировании. Выполнено сравнение длительностей ударных гласных и отдельных слов в речи, произнесенной в слуховом аппарате и без него, у 12 дикторов (из них 6 мужчин) с хронической сенсоневральной тугоухостью (СНТ) III степени. Для ударных гласных [а], [i], [u], составляющих вершины треугольника гласных для русского языка, во всех положениях — начале, середине и конце слова, выявили достоверное снижение их длительности при надетых слуховых аппаратах по сравнению с говорением без них. В большинстве случаев длительность ударных гласных изменялась примерно на 10%, а длительность отдельных слов, содержащих такие гласные, — на 5%. Снижение длительности ударных гласных звуков и отдельных слов может являться объективным показателем для оценки эффективности слухопротезирования по восстановлению слухоречевой обратной связи и нормализации моторики речи.

Физиологическая и психологическая акустика

25.03-01.361 Алгоритм обнаружения неподвижного человека на основе циклических признаков сигналов дыхания. *Шевгунов Т.Я. Радиотехника.* 2025. 89, № 1, с. 58-71. Рус.

Постановка проблемы. Бесконтактное выявление признаков жизненной активности человека — актуальное направление исследований, формирующее научный задел для решения задачи достоверного обнаружения человека и предварительной оценки его физического состояния. Своевременность обнаружения остающихся неподвижными в течение длительного времени людей особенно важна в тех случаях, когда необходимо принятие решений о проведении или отказе от проведения активных спасательных мероприятий в тех случаях, когда существует возможность того, что после природных или техногенных катастроф живые люди, неподвижные или зафиксированные внешними объектами, остаются заблокированными в полостях, образованных из обвалившихся и поврежденных панелей, использованных при возведении зданий и сооружений. Анализ признаков жизненной активности человека показал, что наибольшей мощностью обладает сигнал, порождаемый процессом дыха-

ния, при котором происходят квазипериодические перемещения грудной стенки в силу ритмического изменения объема легких. Этот процесс в принятом радиолокационном отклике проявляется в виде случайного сигнала, для описания свойств которого можно использовать модель циклостационарного случайного процесса. Цель. Разработать алгоритм обнаружения признаков жизненной активности неподвижного человека в форме алгоритма цифровой обработки вторичных радиолокационных сигналов на основе выявления характерных циклических частот в оценках спектральных корреляционных функций. Результаты. Представлен алгоритм обработки вторичных радиолокационных сигналов для выявления характерных циклических частот специфичных для сигналов дыхания неподвижного человека. Показано, что основная процедура разработанного алгоритма состоит в последовательной обработке сигналов, содержащихся в строках дальности радиолокационного кадра, и включает в себя предварительную обработку для удаления низкочастотного смещения и высокочастотного шума, формирование оценки спектральной корреляционной функции и вычисление на ее основе псевдомощности, а также отбор циклических частот, превышающих переменный порог. Продемонстрирована работа алгоритма с применением данных, полученных с использованием радиолокационной системы, излучающей сигналы со ступенчатой частотной модуляцией. Практическая значимость. Предложенный алгоритм может быть использован при разработке новых и модернизации существующих технических решений, таких как комплексы бесконтактного мониторинга здоровья и безопасности объектов, узкоспециализированные решения, предназначенные для обнаружения выживших в завалах или для помощи людям с ограниченными возможностями.

25.03-01.362 Влияние акустического фона на выбор зрительных стимулов детьми раннего дошкольного возраста. *Кузнецова Т.Г., Стружкин М.Л., Голубева И.Ю., Родина Е.А., Огородникова Е.А. Сенсорные системы.* 2025. 38, № 1, с. 27-37. Рус.

Работа продолжает цикл психофизических экспериментов по изучению особенностей опознания зрительных стимулов разного цвета и разного размера детьми раннего дошкольного возраста. Для измерений использовали игровую методику организации зрительного выбора с помощью сенсорного экрана монитора в условиях тишины и введения акустического фона — записи шума в группе детского сада, включающего разговорную речь детей (“детское многоголосье”). Шум подавали через наушники, его интенсивность составляла 45 дБ (уровень разговорной речи). В исследовании участвовали дети в возрасте 3—4 лет ($n=31$), посещающие городской детский сад. Все дети обладали нормальным зрением и слухом. Результаты подтвердили ранее полученные данные о том, что дети этого возраста значительно хуже (количество ошибок) осуществляют выбор из геометрических фигур по признаку “цвет”, чем по признаку “размер”. Введение шума “детского многоголосия” не изменяет это соотношение, но значительно увеличивает количество попыток решения и время ответной сенсомоторной реакции ($p<0.01$), особенно при выборе по признаку “цвет” ($p<0.001$). Дополнительный анализ поведения позволил выделить подгруппу, условно, “тревожных” детей, чьи показатели зрительного выбора, особенно на фоне акустической помехи, были в 3—4 раза хуже остальных участников тестирования. При сравнении результатов с данными предыдущего исследования обнаружено, что взрослая разговорная речь является более сильной перцептивной помехой по сравнению с шумом “детского многоголосия”. Это может объясняться адаптацией детей к шумовому фону детского сада, но требует продолжения исследования с более детальным анализом характеристик шума, а также психологического профиля детей и уровня их тревожности. Результаты имеют практическое значение для организации процессов обучения, в том числе коррекционной работы в сфере специального образования.

См. также **25.03-01.322**, **25.03-01.323**, **25.03-01.350**, **25.03-01.358**, **25.03-01.359**, **25.03-01.360**

Акустические измерения и аппаратура

25.03-01.363 Система для диагностики корпуса ко- рабля на основе акустической эмиссии. Данищев А.В., Чернов Н.Н., Гривцов В.В. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 105-110. Рус.

Описана роль метода акустической эмиссии, его достоинства. Преимущество АЭ системы «Малахит АС-15А» и её техниче- ские характеристики.

25.03-01.364 Вопросы ультразвуковой дефектоско- пии бесшовных труб. Иванов А.Н., Тимошенко В.И. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сбор- ник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный универси- тет. 2015, с. 115-121. Рус.

Рассмотрены особенности и оптимизация импульсного эхо- метода контроля бесшовных труб продольного сканирования сдвиговыми волнами, обеспечивающего возможность определе- ния местоположения дефекта. Приведены графики ависимости углов продольной и сдвиговой волны, а также коэффициенты отражения и преломления по энергии в зависимости от падения продольной ультразвуковой волны под углом из жидкости на границу раздела с твёрдым телом для системы вода-сталь. По- казано прохождение ультразвуковых колебаний в трубе с боль- шим углом ввода.

25.03-01.365 Регистрация локальных изменений температуры воздуха с помощью лазерного излучения в системах пожарной безопасности. Бестужин А.Р., Тепликов Е.В. Волновая электроника и инфокоммуникаци- онные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конфе- ренции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборострое- ния. 2021, с. 17-22. Рус.

Разработан метод обнаружения локальных изменений темпе- ратуры воздуха в системах пожарной безопасности с помощью регистрации изменения состояния поляризации лазерного из- лучения. Представлен принцип построения системы контроля с использованием координатной схемы расположения чувстви- тельных элементов, приведены расчеты минимальной чувстви- тельности фотоприемного устройства чувствительного элемен- та.

25.03-01.366 Возможность диагностики драгоцен- ных камней в сложных ювелирных изделиях. Борит- ко С.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конфе- ренции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский госу- дарственный университет аэрокосмического приборострое- ния. 2021, с. 23-27. Рус.

На примере разработанного в НТЦ уникального приборострое- ния РАН акустооптического спектрометра комбинационного рассеяния показана возможность достоверной неразрушающей диагностики драгоценных камней в сложных ювелирных изде- лиях, а также исследования спектральных особенностей нату- ральных и синтетических кристаллов.

25.03-01.367 Экспериментальный стенд для гипер- спектральной визуализации внутренней структуры кристаллов. Шарикова М.О., Быков А.А., Мачи- хин А.С., Элиович Я.А., Акжуратов В.И., Писарев- ский Ю.В. Волновая электроника и инфокоммуникацион- ные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 го- да. Сборник статей XXV Международной научной конфе- ренции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский госу- дарственный университет аэрокосмического приборострое- ния. 2022, с. 146-150. Рус.

Разработка методов неразрушающего контроля кристалличе- ских материалов является важной задачей оптического при- боростроеия, промышленности и вычислительной техники. В настоящей работе предложено применить метод акустоопти-

ческой видеоспектрометрии для гиперспектральной визуализа- ции кристаллов «на просвет». Разработан экспериментальный стенд, с помощью которого получено пространственное распре- деление спектров пропускания триглицидсульфата в диапазоне 0,9—1,7 мкм в отсутствие и при наличии нагрузки.

25.03-01.368 Исследование акустических экранов со звукопоглощающей насадкой на верхней кромке. Ба- ранникова П.М., Мусаева Р.Н., Комжин А.И. Акусти- ка среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 28-35. Рус.

На основе конечно-элементного моделирования в программ- ном пакете COMSOL Multiphysics исследованы акустические экраны со звукопоглощающей насадкой с различным углом ее установки на верхней кромке экрана. Получены зависимости эффективности насадок в расчетной области в широком ча- стотном диапазоне и определены области максимальной и ми- нимальной эффективности каждой из насадок. Исследовано влияние плотности звукопоглощающего материала в насадке на акустическую эффективность экрана.

25.03-01.369 Оценка опрокидывающего момента, действующего на стол вибростенда. Бондарев А.Л. Аку- стика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссий- ской конференции молодых ученых и специалистов (АСО- 2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 56-61. Рус.

Асимметрия подвеса и дисбаланс масс приводит к возбуж- дению угловых колебаний подвижного стола вибростенда и к возникновению опрокидывающих моментов сил, действующих на элементы подвеса стола. Экспериментально определены уг- ловые колебания испытательной нагрузки на вибростендах с вынуждающей силой 400, 3000 и 20 000 кгс с разной конструк- цией подвеса стола. Установлено, что центр вращения угло- вых колебаний при резонансном возбуждении может находиться во внутреннем объеме нагрузки вблизи расположения центра масс. При оценке действующего на стол вибростенда опроки- дывающего момента необходимо учитывать угловые колебания испытываемого изделия, а не только поперечное ускорение его центра масс.

25.03-01.370 Методы исследований по улучшению NVH-показателей автотранспортных средств. Гале- ко Ю.В., Тюрин В.П., Тюркин А.А. Акустика среды оби- тания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 92-106. Рус.

Представлены методы исследований, направленные на улуч- шение виброакустических характеристик автотранспортных средств, показаны практические примеры применения техно- логии бенчмаркинга, как инструмента повышения конкуренто- способности автомобилей. Представлены программы и методи- ки измерений, результаты и конкретные примеры проведения работ по улучшению NVH-показателей.

25.03-01.371 Численное моделирование акустиче- ских колебаний в системе выпуска и нейтрализации дизельного двигателя экологического класса 6 ма- гистрального автомобиля КАМАЗ. Галиакбаров А.Т., Башмаков Д.А., Болдырев А.В., Болдырев С.В., Гай- син И.А., Рахимов Р.Р., Гумеров И.Ф., Фардеев Л.И. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Все- росийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО- 2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 107-117. Рус.

В рамках использования одномерной акустической матема- тической модели программы AVL BOOST рассчитана и сравнена с известными данными зависимость потерь передачи от ча- стоты звуковых колебаний в канале с цилиндрической камерой. Затем выполнено моделирование акустических колебаний в си- стеме выпуска и нейтрализации отработавших газов дизельного двигателя экологического класса 6 магистрального автомоби- ля КАМАЗ. Исследовано влияние объемов камер глушителя-нейтрализатора, длин и углов поворота каналов системы на общий шум выхлопа на нескольких режимах работы двигате-

ля. Также рассмотрен вариант распараллеливания потока газов в катализаторе окисления и сажевом фильтре глушителя нейтраллизатора.

25.03-01.372 Дорожные испытания системы выпуска с резонаторами Гельмгольца на различных режимах работы автомобиля. Глазков А.О., Крылова А.С., Попов В.С., Гонтуров А.В., Ширнин С.А. *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024)*. Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 118-124. Рус.

Проанализировано влияние акустической эффективности резонатора Гельмгольца на различных режимах работы двигателя. Помимо этого, более подробно рассматривается изменение температур в частях резонатора на разных режимах работы двигателя. Актуальностью данной работы является возможность прогнозирования изменения спектра эффективности путем расчетного анализа. В работе продемонстрированы результаты натурных испытаний по измерению температур отработавших газов в системе выпуска и замеры шума на срезе выпускной трубы. Исследования акустической эффективности резонаторов Гельмгольца проводились с помощью расчетного анализа в основе которого используется метод конечных элементов.

25.03-01.373 Локализация источников звука в прямоугольной трубе с абсолютно твердыми стенками. Демьянов М.А. *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024)*. Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 143-147. Рус.

Для выявления пространственных зон, в которых происходит интенсивная генерация звукового излучения, применяются методы фазированных микрофонных решеток. Стандартные пакеты программ обработки экспериментальных данных опираются на модель излучения источников, расположенных в свободном пространстве. В задачах, где необходимо производить локализацию источников в замкнутых областях с заданными краевыми условиями на границе, применение стандартных методов приводит к ошибкам локализации. В данной работе проводится адаптация стандартного метода бимформинг для обработки данных измерений в закрытой рабочей части аэродинамической трубы с помощью модификации модели излучения источников, построенной на основе решения задачи излучения источника в прямоугольной трубе с абсолютно твердыми стенками, которым соответствует граничное условие вида нулевой нормальной производной поля давления. Производится верификация разработанного метода на примерах тестовых источников.

25.03-01.374 Экспериментальное исследование влияния пульсаций инертных газов на интенсивность разложения резины. Зайнутдинова Д.А., Горбунова О.А., Теляшов Д.А. *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024)*. Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 152-161. Рус.

Рассмотрено влияние пульсаций инертных газов на интенсивность разложения резины. Исследования проводились на лабораторном стенде, предназначенном для термического разложения углеводородных твердых веществ в инертной высокотемпературной пульсирующей газовой среде. Стенд позволяет управлять такими параметрами, как: частота пульсаций газов, колебательная скорость, средняя скорость газового потока, температура и состав газов, коэффициент избытка воздуха. Исследования проводились на двух режимах течения газового потока: стационарном и пульсирующем. Параметры газового потока соответствовали следующим значениям: а) при стационарном режиме истечения: температура газовой среды около 400–450 °С, коэффициент избытка воздуха $a=0,96-1,01$, состав газов соответствует составу продуктов сгорания пропана; б) при пульсирующем режиме истечения на среднюю скорость потока накладывалась колебательная скорость с амплитудой 16 мм/с и частотой 80 Гц. Измерения параметров проводились при выходе установки на регулярный режим работы, который определял-

ся по характеру изменения температуры стенки реактора. По результатам исследований строился график изменения массы резины в единицу времени. Установлено, что наложение пульсаций скорости на среднюю скорость газового потока интенсифицирует термическое разложение резины в инертной среде в 2,5 раза по сравнению со стационарным режимом течения.

25.03-01.375 Исследование сейсмоакустических полей, генерируемых ветроэнергетическими установками на территории Камчатского полуострова. Котов А.Н. *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024)*. Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 218-221. Рус.

В настоящий момент наблюдается активное развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) по всему миру, таких как гидро- и биоэнергетика, ветровая и геотермальная энергетика. Одним из наиболее стремительно развивающихся в настоящее время и экологически безопасных направлений является ветровая энергетика — производство электроэнергии за счет кинетической энергии ветра. Однако и этот способ добычи электроэнергии не лишен определенных недостатков — ветроэнергетические установки и станции (ВЭУ и ВЭС) способны генерировать значительный сейсмический и акустический шум инфразвукового диапазона, являющиеся, как известно, существенными негативными геоэкологическими факторами в отношении жизнедеятельности населения. В связи с этим на территории южной части полуострова Камчатка были проведены измерения сейсмоакустических шумов с целью установления значений частот собственных шумов ВЭУ и оценки их вклада в общее сейсмоакустическое поле.

25.03-01.376 Особенности излучения шума башенных градирен. Мухаметов А.Б., Тупов В.В. *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024)*. Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 275-284. Рус.

Проанализированы особенности излучения шума башенных градирен с естественной тягой. С целью определения акустического центра излучения шума башенных градирен и пространственного угла излучения построена расчетная модель ТЭС мощностью 464 МВт в программе АРМ Акустика. Выполнено сравнение результатов акустических расчетов и измерений для точек, расположенных на территории ТЭС. Определено, что для моделирования входных окон башенных градирен целесообразно использовать точечный источник шума, расположенный в центре градирни на средней высоте входного окна. С учетом особенностей конструкции градирни и результатов расчетов определен пространственный угол излучения шума.

25.03-01.377 Поглощение звука диссипативными материалами. Эксперимент, расчет. Поляченко А.А., Быков А.И., Акаро Б., Богомолова В.В., Кондратьева Е.А. *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024)*. Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 321-326. Рус.

Приведено описание экспериментальной установки для измерения акустических характеристик звукопоглощающих материалов. Приведены результаты экспериментальных исследований поглощающих свойств образцов из базальтового волокна в диапазоне частот до 1500 Гц. Проведено сравнение экспериментальных данных с расчетными результатами, полученными на основе численного моделирования в программном комплексе COMSOL Multiphysics.

25.03-01.378 Исследования путей распространения колебаний по компонентам и системам транспортно-технологических средств и комплексов с целью уменьшения передачи колебаний на примере системы выпуска отработавших газов автотранспортных средств. Разматов Р.И., Попов В.С. *Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024)*. Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, с. 327-342. Рус.

Представлены исследования путей распространения колеба-

ний по компонентам и системам автотранспортного средства на примере системы выпуска отработавших газов, проведен анализ работ посвященный исследованию виброакустических характеристик системы выпуска отработавших газов, проведены расчетно-экспериментальные исследования локальных динамических жесткостей точек крепления системы выпуска отработавших газов к кузову с учетом температуры, на основе исследований газодинамических характеристик отработавших газов. В рамках работы разработана конечно-элементная модель автотранспортного средства, проведена валидация конечно-элементной модели, определены влияния газодинамических характеристик системы выпуска отработавших газов на локальную динамическую жесткость точек крепления системы выпуска отработавших газов. А также, исследованы функции передачи шума от точек крепления системы выпуска отработавших газов к контрольным точкам внутри кузова. На основе исследований разработаны технические решения, позволяющие уменьшить передачу колебаний на примере системы выпуска отработавших газов.

25.03-01.379 Виброакустическое моделирование акустического излучения на выходе диффузора системы обеспечения теплового режима. *Рябков В.Д., Зайцев К.И., Нагибин Н.С., Половнев А.Л., Пушкун С.Д. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 354-361. Рус.*

Проведен виброакустический анализ акустического поля, создаваемого на выходе диффузора, входящего в состав наземной системы обеспечения теплового режима космического аппарата, с целью снижения уровня шума. Расчетная модель была верифицирована измерениями вибраций и акустики при проведении испытаний СОТР. Для проведения анализа использовали программные комплексы LMS Virtual.Lab Acoustics, MSC Nastran. Для построения структурной и акустической расчетных сеток применяли программный пакет FEMAP. В результате применения звукопоглощающего материала на выходе диффузора получено снижение уровня шума на 3 дБА.

25.03-01.380 Ультразвуковой датчик агрегатного состояния вещества. *Анисимкин В.И., Воронова Н.В., Кузнецова И.Е., Смирнов А.В. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 4-8. Рус.*

С учетом фундаментальных свойств объемных акустических волн разработан датчик жидкого, твердого и газообразного состояния вещества. Для этих целей в качестве акустических параметров, контролирующих агрегатное состояние, использованы амплитуда волн и время их пролета от излучателя к приемнику сквозь тестируемую среду. Показано, что оба параметра слабо зависят от температуры, сильно — от сорта жидкости (льда) и поэтому идеально подходят для исследования фазовых переходов жидкость—лед и жидкость—газ в реальном масштабе времени. С помощью разработанной методики и лабораторных прототипов прослежена динамика изменения выходного сигнала при смене агрегатного состояния воды, измерены скорости и коэффициенты поглощения объемных волн частотой 1–37 МГц для воды и льда, продемонстрирована возможность одновременного анализа сразу двух фазовых переходов жидкость—лед для разных жидкостей тем же методом.

25.03-01.381 Применение искусственных нейронных сетей для обнаружения дефектов в разнородных сварных соединениях методом акустической эмиссии. *Application of artificial neural networks for detection of defects in dissimilar welded joints by acoustic emission method. Barot V.A., Marchenkov A.Yu., Karpova M.V., Bardakov V.V., Lepshchev E.A., Ushanov S.V., Elizarov S.V. Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 12, с. 4-13. Англ.*

The paper considers the possibility of using artificial neural networks to detect hits in acoustic emission (AE) testing. A distinctive feature of the proposed method is that the training set

of the neural network is formed using a complex technique based on the application of modeling technology, on the one hand, and on calibration measurements carried out in the field, on the other. In this paper, process pipelines with dissimilar welded joints were considered as a test structure. AE signals were modeled using a hybrid method: the signal waveform was determined based on a finite element model, and the AE hits amplitudes were determined on the basis of a physical experiment on cyclic stretching of samples of dissimilar welded joints. Acoustic signals measured on the process pipelines bodies in the field condition were used as noise. A multilayer perceptron was used to classify the data, the architecture of which was selected based on the minimization of the classification error. Keywords: dissimilar welded joints, acoustic emission, diffusion layers, neural networks in acoustic emission, classification of acoustic emission signals, waveguide modeling.

25.03-01.382 Глубина проникновения в металл продольно-поверхностной (головной) акустической волны. *Шевальджин В.Г. Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 1, с. 4-12. Рус.*

Экспериментально исследовано распределение по глубине амплитуды продольных компонент смещений в неоднородной продольно-поверхностной акустической волне. Использован стальной образец с защитой исследуемого сигнала от посторонних типов волн. Распределение, построенное для глубин от нуля до 10 мм, в сглаженном виде представляет собой плавную кривую с максимумом на глубине 6,5 мм, что соответствует углу 12,3° к поверхности металла. Отклонения от сглаженной кривой не превышают 1,8 дБ. Продольно-поверхностная волна возбуждает продольную подповерхностную волну. Из-за их общего цилиндрического фронта сигналы в вертикальном сечении отстают от сигнала на поверхности на время, возрастающее с глубиной. Глубину, при которой это время равно 0,1 периода колебаний сигнала, можно считать глубиной проникновения продольно-поверхностной волны. Ключевые слова: ультразвуковой контроль, головная волна, неоднородная продольно-поверхностная волна, боковая поперечная волна, ползучая волна, продольная подповерхностная волна, критический угол.

25.03-01.383 Исследование возможности комплексного применения методов акустической эмиссии, тензометрии и эффекта акустоупругости для контроля углепластиков при статическом нагружении. *Степанова Л.Н., Курбатов А.Н., Кабанов С.И., Вехер С.А., Чернова В.В., Терехова Е.С. Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 1, с. 13-25. Рус.*

Представлены результаты исследования процесса разрушения образцов из углепластика АСМ при статическом растяжении. Для контроля дефектов использовали тензометрию, эффект акустоупругости и метод акустической эмиссии. Показана возможность применения и преимущества метода акустоупругости для определения деформаций в композиционном материале. Установлена зависимость между деформацией углепластика и временными параметрами волн Лэмба, измеряемыми ультразвуковой системой «Акуст-1». Достоверность локации дефектов обеспечена методом акустической эмиссии. Кроме того, деформации измеряли сертифицированной тензометрической быстросейсмической системой «Динамика-3». При проведении испытаний сравнивали результаты измерения деформаций, полученные с использованием тензометрии и метода акустоупругости, в которых деформации определяли через времена задержки упругой волны Лэмба. Установлено, что приведенные погрешности, полученные при измерении деформаций через время задержки упругой волны Лэмба, были менее 5%. Приведенные погрешности, полученные при определении деформаций образцов с использованием тензометрии, не превышали 3%. При использовании эффекта акустоупругости упрощается контроль, сокращается время диагностики дефектов композиционной конструкции и исключается операция наклейки тензодатчиков на конструкцию. Ключевые слова: образец, углепластик, акустоупругость, тензометрия, акустическая эмиссия, тензодатчик, пьезоэлектрический преобразователь, статика, время, жесткость, ультразвук.

25.03-01.384 Неразрушающий ультразвуковой контроль пористости алюминиевых покрытий лазерным оптико-акустическим методом. *Подымова Н.В., Соко-*

ловская Ю.Г. Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 1, с. 49-55. Рус.

Предложен метод неразрушающего ультразвукового контроля объемной пористости покрытий, полученных методом электродуговой наплавки алюминиевого сплава на стальную подложку. Метод использует лазерное термооптическое возбуждение зондирующих ультразвуковых импульсов и измерение спектральной мощности импульсов, рассеянных на порах в покрытии, и позволяет проводить контроль при одностороннем доступе к плоской поверхности покрытия. Ключевые слова: наплавленные покрытия, пористость, лазерный оптико-акустический эффект, рассеяние ультразвуковых волн.

25.03-01.385 Модель оценки степени опасности дефектов при акустико-эмиссионной диагностике трубопроводов гидравлических систем воздушных судов. Попов А.В., Волошина В.Ю., Евдокимов Е.М., Кривошеин Д.С. Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 2, с. 14-21. Рус.

Разработана модель оценки степени опасности дефектов, основанная на выявлении момента образования макротрещины (предрастворенного состояния) в материале стальных трубопроводов гидравлических систем воздушных судов при их нагружении, где в качестве критерия образования макротрещины используется факт отклонения параметров регистрируемых амплитудных распределений акустической эмиссии от пуассоновского вида. Приведены результаты экспериментальных исследований контролируемых стальных трубопроводов марки 12Х18Н10Т под давлением рабочей жидкости на гидравлическом стенде. Ключевые слова: воздушное судно, гидравлическая система, трубопровод, макротрещина, разрушение.

25.03-01.386 Вибродиагностика дефектов фрезерных станков. Самсонов В.А., Сабиров Ф.С. Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 2, с. 38-44. Рус.

Описан метод виброакустической диагностики, примененный в исследовании ряда фрезерных станков на наличие дефектов во вращающихся узлах. Использована отечественная диагностическая аппаратура нового поколения. Обработка результатов на компьютере выполнена на основе авторских запатентованных программ. Ключевые слова: диагностика, вибрации, станок, огибающая, спектр, частота.

25.03-01.387 Влияние площади сварного соединения лопатки на собственные частоты пера лопатки газотурбинного двигателя. Саиткулов В.Г., Тепляков А.А., Зиганшин Р.В. Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 2, с. 53-58. Рус.

Аннотация. Исследуется возможность применения акустического метода неразрушающего контроля для оценки качества сварного соединения лопаток к диску турбомашин. Лопатки, являющиеся важным элементом турбин, подвергаются интенсивным температурным и механическим нагрузкам, что требует тщательного контроля качества на всех этапах их производства. Основная задача данного исследования заключается в определении наличия дефекта по изменению собственных частот лопатки. При выявлении дефекта в сварном соединении оператор может использовать дополнительные методы контроля в зависимости от условий и геометрии изделия. Моделирование методом конечных элементов и экспериментальные исследования подтвердили зависимость собственных частот лопатки от площади сварного соединения. Результаты показывают, что акустический метод может эффективно использоваться для обнаружения дефектов в сварных соединениях лопаток турбин, обеспечивая высокую надежность контроля. Ключевые слова: акустический контроль, неразрушающий контроль, собственные частоты, лопатка, диск турбомашин, лазерная сварка, газотурбинный двигатель, турбомашин.

См. также **25.03-01.61, 25.03-01.75, 25.03-01.107, 25.03-01.154, 25.03-01.157, 25.03-01.159, 25.03-01.160, 25.03-01.165, 25.03-01.186, 25.03-01.210, 25.03-01.212, 25.03-01.216, 25.03-01.217, 25.03-01.227, 25.03-01.228, 25.03-01.243, 25.03-01.252, 25.03-01.253, 25.03-01.254, 25.03-01.255, 25.03-01.271, 25.03-01.281, 25.03-01.301, 25.03-01.320, 25.03-01.321, 25.03-01.330, 25.03-01.339, 25.03-01.344, 25.03-01.345**

Медицинский ультразвук, медицинские приборы

25.03-01.388 Применение широкополосных сигналов в ультразвуковой диагностике для измерения скорости кровотока. Жардецкая А.С., Чернов Н.Н. Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 110-114. Рус.

Ультразвуковая доплерография для определения состояния сосудов и близлежащих тканей является распространенным методом диагностики. Однако в обычной доплерографии большая потеря информации. Для улучшения разрешения, контрастности и минимизации потерь информации предлагается использовать широкополосные сигналы.

См. также **25.03-01.349, 25.03-01.353**

Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

25.03-01.389 3D-рассеяние упругих волн на острие трещины в сварном шве. Могильнер Л.Ю., Крысько Н.В. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024, № 3, с. 42-55. Рус.

Для расчета рассеяния ультразвуковых волн, падающих под острым углом на ребро трещины в сварных швах, металлах и пластмассах, обобщено ранее полученное решение трехмерной задачи рассеяния объемных упругих волн на полуплоскости со свободными от напряжений поверхностями. Предложено представление векторного потенциала смещения в поперечной волне, которое позволило свести 3B-задачу к трем независимым уравнениям Винера—Хопфа. Каждое из этих уравнений решено по аналогии с известными решениями для 2B-задачи о рассеянии волн, падающих на полуплоскость перпендикулярно ее ребру. Потенциалы и смещения в рассеянных волнах записаны в квадратурах. Верификация результатов расчета проведена путем сравнения с экспериментальными данными, полученными при рассеянии продольной волны на ребре полуплоскости в условиях, аналогичных имеющим место при ультразвуковой дефектоскопии сварных швов. Полученные результаты актуальны для совершенствования выявления и измерения координат трещин различной ориентации методами ультразвуковой дефектоскопии.

25.03-01.390 Влияние параметров шовной ультразвуковой сварки пленок на процесс образования сварных соединений. Волков С.С., Коновалов А.В., Кобернич Н.В., Сударев А.В. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024, № 6, с. 76-84. Рус.

Разработана технология шовной ультразвуковой сварки полимерных пленок. Показано, что параметрами, определяющими производительность шовной ультразвуковой сварки полимерных пленок, являются амплитуда колебаний волновода-инструмента, статическое сварочное давление, скорость сварки с фиксированным зазором на вращающемся ролике-опоре с автостабилизацией толщины создаваемого соединения, частота ультразвуковых колебаний и длина пятна контакта торца волновода-инструмента в направлении сварки. Установлено, что с увеличением длины пятна контакта торца волновода-инструмента линейно повышается скорость сварки. Приведена кинетика образования сварных соединений оклошовной зоны полимерных пленок, полученных при различных значениях параметров режима ультразвуковой сварки. Установлено, что загрязненность соединяемых поверхностей пленок жидкими или сыпучими продуктами не влияет на свариваемость и прочность шва. Для повышения прочности и качества сварного соединения, а также для уменьшения теплоотвода в волновода-инструмент и опору рекомендовано применять теплоизоляционные прокладки из целлофана или бумаги. Исследовано влияние теплового режима ультразвуковой сварки на остаточную толщину соединений полимерных пленок при высокой производительности процесса, хорошей прочности и отсутствии де-

струкции пленок.

См. также **25.03-01.46**, **25.03-01.96**, **25.03-01.244**, **25.03-01.248**, **25.03-01.249**, **25.03-01.250**, **25.03-01.251**, **25.03-01.252**, **25.03-01.253**, **25.03-01.254**, **25.03-01.255**, **25.03-01.271**, **25.03-01.296**, **25.03-01.314**, **25.03-01.321**, **25.03-01.325**, **25.03-01.363**, **25.03-01.364**, **25.03-01.381**, **25.03-01.382**, **25.03-01.383**, **25.03-01.384**, **25.03-01.385**, **25.03-01.386**, **25.03-01.387**

Акустические методы обработки материалов и изделий

25.03-01.391 Маятниковое скрайбирование с регистрацией акустической эмиссии. *Мокрицкий Б.Я., Скрипильев А.А. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023, № 2, с. 21-29. Рус.*

Оценку физико-механических и эксплуатационных свойств инструментальных материалов выполняют разными методами и приемами. Однако все более востребованными становятся те методы, которые позволяют прогнозировать работоспособность металлорежущего инструмента в различных условиях его эксплуатации. Приведены отдельные результаты применения маятникового скрайбирования (царапания) для оценки и прогнозирования работоспособности инструмента с покрытиями. В качестве исследуемого параметра выступала трещиностойкость (сопротивляемость образованию и росту трещин) инструментального материала. Процесс маятникового скрайбирования сопровождался регистрацией сигналов акустической эмиссии. Акустическая эмиссия задействована как процесс, физически отражающий изменение напряженно-деформированного состояния материала инструмента.

25.03-01.392 Параметры режима ультразвуковой сварки полимерных материалов. *Волков С.С., Ремизов А.Л., Коновалов А.В., Неровный В.М. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023, № 4, с. 21-29. Рус.*

Установлено, что основными параметрами режима, определяющими производительность ультразвуковой сварки пластмасс, являются амплитуда колебаний рабочего торца волновода, статическое сварочное давление и время сварки. Ультразвуковую сварку можно проводить по поверхностям, покрытым различными продуктами. Получено выражение для определения времени и коэффициента интенсивности режима ультразвуковой сварки. Рассмотрено влияние опор на качество и прочность соединений при ультразвуковой сварке полимерных материалов. При использовании активной опоры прочность соединения и производительность ультразвуковой сварки значительно выше, чем при применении пассивных опор. Результаты экспериментов подтвердили взаимосвязь амплитуды колебаний опоры с нагревом, толщиной и свойствами свариваемых деталей. Предложен рабочий цикл ультразвуковой сварки пластмасс, в котором статическое сварочное давление и время ультразвукового воздействия, обеспечивают максимальную прочность и герметичность получаемого соединения.

25.03-01.393 Технологические особенности ультразвуковой сварки разнородных пластмасс. *Волков С.С., Панкратов А.С., Ремизов А.Л., Коновалов А.В. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023, № 5, с. 49-56. Рус.*

Рассмотрены технологические особенности ультразвуковой сварки разнородных пластмасс, специфика которой проявляется в характере объемных взаимодействий. Результаты исследования механизма образования сварного соединения показали, что одновременно происходит перемешивание микрообъемов, взаимная диффузия молекул полимеров в контактирующих поверхностях и возникновение новых химических связей с образованием блок-сополимеров. Общим для этих процессов является то, что все они протекают в диапазоне температур, соответствующем вязкотекучему состоянию полимера. Экспериментально подтверждено, что одним из критериев свариваемости разнородных пластмасс является их совместимость по акустическим свойствам, оцениваемая плотностью и вязкостью

расплава. Предложены технологические приемы, позволяющие компенсировать различия в акустических свойствах свариваемых материалов, и тем самым получать качественные сварные соединения. Определены четыре стадии механизма образования сварных соединений при ультразвуковой сварке разнородных пластмасс. Установлено, что физико-механические свойства разнородных пластмасс имеют первостепенное значение для механизма теплообразования при ультразвуковой сварке. Разработана ультразвуковая сварочная установка для сварки разнородных пластмасс в вакууме.

Акустические технологии в промышленности

25.03-01.394 Скорость и затухание звука в древесине осины, модифицированной ультразвуковым методом. *Вьюгинова А.А., Вьюгинов С.Н., Тельякова А.В., Попкова Е.С., Бунаков А. Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024, с. 83-91. Рус.*

Технология ультразвуковой модификации древесины позволяет создать на ее поверхности слой с улучшенными характеристиками: повышенной плотностью и твердостью. Задачей данной работы является исследование влияния сформированного модифицированного слоя на скорость и затухание звука в образцах строительных материалов из древесины осины (*Populus tremula*). Рассматриваемая технология ультразвуковой модификации древесины реализуется на ультразвуковом оборудовании проходного типа: транспортируемый пиломатериал или изделие из древесины с плоскопараллельными поверхностями подвергается воздействию высокоинтенсивных ультразвуковых колебаний в сочетании с механическим давлением, степень обработки варьируется. Измерения скорости и затухания звука проводились теневым ультразвуковым методом в условиях сухого акустического контакта. Результаты представлены в виде зависимостей средней скорости и затухания продольной звуковой волны от степени модификации древесины.

25.03-01.395 Влияние высокоинтенсивных акустических волн на водородный показатель воды. *Жилин А.А. Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 5, с. 1393-1401. Рус.*

Экспериментально исследовано влияние высокоинтенсивного акустического воздействия на водородный показатель и температуру воды. Определена динамика pH и температуры воды при разных режимах акустического воздействия на образцы. Установлены режимы акустического воздействия, при которых наблюдается максимальный рост водородного показателя и уменьшение температуры. Выявлена зависимость скорости теплообмена от интенсивности акустических колебаний. Проведено сопоставление полученных экспериментальных результатов по изменению pH воды при охлаждении с известной зависимостью. Полученные в работе результаты сопоставлены с экспериментальными данными других авторов, исследовавших поведение pH воды при ультразвуковом, лазерном, электромагнитном и механическом воздействии.

25.03-01.396 Математическая модель процесса многостадийного дробления капель в ультразвуковом поле. *Кудряшова О.Б., Шалунов А.В., Нестеров В.А., Терентьев С.А. Инженерно-физический журнал. 2025. 98, № 2, с. 525-534. Рус.*

Рассматривается задача создания мелкодисперсных аэрозолей новым способом, заключающимся в разрушении капель жидкости в серии пучностей мощного ультразвукового поля, что позволяет получить облако аэрозоля с размером капель менее 50 мкм с высокой производительностью при относительно низких энергетических затратах. Предложена математическая модель многостадийного распыления капель в акустическом поле, построенная на основе энергетического подхода с использованием гидродинамических критериев, основными из которых являются число Вебера и акустическое число Бонда. Определены критические условия разрушения капель и их предельный размер. Описаны возможные механизмы распада капель при их последовательном прохождении через пучности ультразвукового поля в зависимости от начального размера капель,

скорости их движения, поверхностного натяжения жидкости в каплях и звукового давления. На основе результатов измерений дисперсных параметров аэрозоля, полученного в процессе многостадийного распыления жидкости в акустическом поле, определены свободные параметры математической модели процесса.

См. также **25.03-01.387, 25.03-01.391**

Акустическая метрология и калибровка

25.03-01.397 Результаты исследований отечественных электростатических возбудителей для использования в рабочих эталонах звукового давления взамен зарубежных. *Кувыкин Ю.А., Супрунюк В.В., Кувыкина О.А.* Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23–24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э.

Баумана. 2024, с. 237-246. Рус.

Приведены результаты исследований отечественных электростатических возбудителей, используемых для определения частотных характеристик измерительных конденсаторных микрофонов. Предложен не описанный ранее в нормативной документации методический подход к определению точностных характеристик электростатических возбудителей. Сформулированы рекомендации по конструктивной доработке электростатических возбудителей. Показано, что доработанные производителем отечественные электростатические возбудители могут заменить зарубежные в составе рабочих эталонов звукового давления в воздушной среде.

См. также **25.03-01.215**

Акустические стандарты

См. **25.03-01.248**

Акустика в медицинской практике

Ультразвук в медицинской диагностике. Сонография (УЗИ)

25.03-01.398 Высокочастотное ультразвуковое исследование деятельности сердца эмбриона *Danio rerio*. *Титов С.А., Хуанг Ч., Зыкова Л.А., Бурлаков А.Б., Богаченков А.Н.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая – 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022, с. 131-135. Рус.

Изучено сердце эмбриона *Danio rerio* с помощью высокочастотного ультразвукового метода. Для регистрации пространственно-временных сигналов использовался сканирующий акустический микроскоп с частотным диапазоном 50–100 МГц и пространственным разрешением 20 мкм. По ультразвуковым кадрам (М-сканам), записанным в разных точках области сердца, можно обнаружить движение крови, измерить скорость кровотока. Показано, что период сердечных сокращений увеличивается в течение двухчасового эксперимента. В начале этого периода наблюдения выявлялась периодическая аритмия.

25.03-01.399 Исследование движения стенок сердца

Danio rerio с помощью мультимодального стенда. *Зыкова Л.А., Титов С.А., Бурлаков А.Б., Богаченков А.Н.* Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03–07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024, с. 76-79. Рус.

В последние годы исследуется сердечно-сосудистая система живых организмов, где в качестве модельного объекта используются рыбы *Danio rerio* на ранних стадиях развития. Для изучения деятельности сердца рыб используются комбинированный лабораторный стенд, включающий ультразвуковой и оптический микроскопы. Этот подход обеспечивает неинвазивную визуализацию работы сердца и позволяет получить информацию о его структуре и функциях без нарушения жизнедеятельности организма. Результаты исследования могут быть полезны для развития новых методов диагностики.

См. также **25.03-01.354, 25.03-01.355, 25.03-01.388**

Ультразвук в лабораторных медицинских исследованиях

См. **25.03-01.24**

Акустика в инженерном деле

25.03-01.400 Структурный синтез устройства для оценки мгновенной частоты электроэнцефалографических сигналов. *Крымская Н.А., Морозов А.П.* Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015, с. 145-152. Рус.

Целью данной работы является структурный синтез устройства оценки мгновенной частоты ЭЭГ-сигналов. Технической задачей биомедицинской инженерии является разработка алгоритма и устройства, его реализующего, позволяющего уменьшить систематическую погрешность измерения мгновенной частоты ЭЭГ-сигнала и тем самым повысить клиническую полезность нового информативного параметра электрической активности головного мозга. Ключевые слова: электроэнцефалография, мгновенная частота, систематическая погрешность.

25.03-01.401 Особенности поведения продольных волновых пакетов в среднем сечении образца при его ступенчатом растяжении. *Савельев А.Н., Мака-*

ров А.В., Анисимов Д.О. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023, № 12, с. 3-13. Рус.

Синергетический эмиссионный процесс на основе дислокаций материалов обеспечивают два механизма — накачка энергии в дислокационные структуры металла и совместный выход части этой энергии в виде мощной акустической эмиссии. Один из вариантов реализации этого процесса выполняется путем мелкоступенчатого нагружения образца. Такой вид нагружки позволяет реализовать два процесса одновременно: одну группу дислокаций заряжать энергией, переводя ее в крайне возбужденное состояние, а другая группа дислокаций, достигнув при этом энергетического порога, выходит на поверхность кристаллической структуры металла и излучает акустический сигнал. В результате формируется синхронная мощная периодическая эмиссионная волна, характеризующая напряженно-деформационное состояние кристаллов металла на нануровне. Синхронность эмиссионного излучения обеспечивает другая волна — деформационная, возникающая в процессе растяжения образца и распространяющаяся вдоль этого образца. Волна многократно проходит вдоль образца, образуя в его

сечении сложную структуру напряжений. Эта структура важна тем, что определяет интенсивность эмиссионного сигнала. Для выявления особенностей протекания нагрузки от волновой части этого процесса во времени при многоступенчатом нагружении использована математическая модель. Разработанное на ее основе программное обеспечение позволяет оценить поведение многократно возникающей группы таких волн в рассматриваемом сечении образца. С помощью указанного программного обеспечения проведен численный эксперимент по исследованию изменения волновой нагрузки в среднем сечении образца при ее ступенчатом возрастании. Анализ результатов эксперимента показал, что варьирование видом тахограммы нагружения образца позволяет изменять в нем волновую нагрузку для достижения ее желаемого вида на определенном временном участке. Выбранный режим изменения напряжения в рассматриваемом сечении образца дает возможность управлять формой возникающего при этом эмиссионного сигнала.

25.03-01.402 Расчетно-теоретическое и экспериментальное исследование кавитационных характеристик шиберных запорно-регулирующих устройств с многоступенчатым дросселированием. *Муфтахов В.З., Чиняев И.Р., Фоминых А.В., Чернышев А.В. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024, № 1, с. 68-76. Рус.*

Уменьшение или увеличение давления и скорости потока рабочей среды в гидравлических системах вызывает кавитацию, вибрацию, шум и разрушение материала. Основной причиной всех нежелательных явлений, возникающих при работе трубопроводной арматуры, является скорость рабочей среды в узком сечении между регулирующими элементами и их седлами. Применение многоступенчатого дросселирования позволяет уменьшить этот параметр в затворе и после него, расположить место схлопывания кавитационных пузырьков в потоке. В затвор трубопроводной арматуры введен конструктивный элемент, определяющий процесс тонкого регулирования и поле скоростей рабочей среды, в котором ее частицы, движущиеся после затвора с максимальной скоростью, расположены в толще потока, а вектор скоростей этих частиц параллелен оси выходного патрубка корпуса трубопроводной арматуры. Одной из важных задач при проектировании регулирующих устройств является определение кавитационных характеристик. Приведены результаты расчетно-теоретического и экспериментального исследований по определению гидравлических и кавитационных характеристик шиберного запорно-регулирующего устройства с многоступенчатым дросселированием. Экспериментальное значение коэффициента кавитации одной дроссельной пластины составило 0,584, трех — 0,735, при этом скорость рабочей среды за

пластинами уменьшилась в 1,37 раза.

25.03-01.403 Метод двумерной пеленгации в телеметрическом комплексе на основе цифровой антенной решетки. *Семенов В.Ю. Радиотехника. 2025. 89, № 2, с. 102-114. Рус.*

Постановка проблемы. В современных радиотелеметрических комплексах подсистема пеленгации необходима для улучшения качества принимаемой информации за счет сопровождения лучом диаграммы направленности (ДН) подвижных объектов, с которых передается телеметрия. Адаптивную оценку числа подвижных объектов в эфире, которая является дополнительным требованием, можно обеспечить за счет применения цифровой антенной решетки (ЦАР) с набором цифровых каналов как в горизонтальной, так и вертикальной плоскостях. Еще одна практически важная задача, решаемая в подобного рода комплексах, — функционирование подсистемы пеленгации в режиме реального времени, что достигается за счет использования алгоритма пеленгации, способного функционировать в случае короткой выборки при расчете корреляционной матрицы сигналов в каналах антенной решетки. Цель. Предложить структуру пеленгатора из состава радиотелеметрического комплекса с автоматическим сопровождением объектов, а также представить метод цифровой обработки сигналов. Результаты. Рассмотрена задача двумерной пеленгации в радиотелеметрическом комплексе с автоматическим сопровождением подвижных объектов на базе плоской ЦАР. Рассмотрен случай сверхразрешения, когда два объекта находятся в главном луче ДН и принимаемые сигналы от них являются коррелированными. Проанализирована возможность использования короткой выборки сигнала для измерения корреляционной матрицы в рассматриваемой задаче как наиболее перспективной для практического внедрения. Получено аналитическое выражение для двумерной псевдоспектральной функции пеленгации по коррелированным сигналам от подвижных объектов. Представлены результаты численного моделирования точности измерения азимута и угла места движущегося объекта сверхразрешающим методом минимального многочлена. Проведено сравнение с традиционным методом MUSIC, которое показало лучшую точность предложенного метода и лучшее разрешение двух объектов, находящихся в одном луче ДН. Практическая значимость. Предложенный метод двумерной пеленгации в телеметрическом комплексе на основе цифровой антенной решетки работает в случае короткой выборки входного процесса и позволяет адаптивно измерять число целей в эфире, что особенно важно на практике для реализации алгоритма цифровой обработки сигнала на базе отечественных микросхем.

Физика

25.03-01.404 Технологии изготовления плоских световодов. *Ларин В.П. Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021, с. 55-60. Рус.*

Изложены материалы с решением задач, связанных с технологическим проектированием планарных полимерных светово-

дов. Рассмотрены технологические операции, необходимые для получения световодов, встроенных в поверхность диэлектрической подложки. Выполнен анализ обеспечения минимальных светопотерь и помех при передаче световой волны по полимерному световоду. Изложена последовательность выполнения технологических операций по предлагаемому варианту наноприплетинга как способа получения встроенных полимерных световодов.

См. также **25.03-01.294, 25.03-01.403**

Астрономия

25.03-01.405 Исследование неравновесных и нестационарных процессов в области взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной средой — численное моделирование и анализ данных космических аппаратов. *Баранов В.Б., Измоденов В.В. Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентности. Звенигород, 18—24 февраля 2024 года. М.: Мос-*

ковский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024, с. 19. Рус.

25.03-01.406 Метод определения параметров движения космических аппаратов на основе радиоинтерферометрических измерений со сверхдлинной базой. *Афонин И.Л., Головин В.В., Тыщук Ю.Н., Поляков А.Л.,*

Слезкин Г.В. *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2023. 15, № 4, с. 367-376. Рус.

Разработанный метод измерения текущих навигационных параметров движения космических аппаратов позволяет в определенной степени реализовывать технологию управления ими при наличии только одного наземного автоматизированного пункта. При этом учитываются особенности однопунктного управления, а именно: размещение пунктов пространственно-временных измерений космических аппаратов; геометрическую интерпретацию этих измерений; методические особенности обработки полученной при этом информации, а также выбор средств для радиотехнической реализации этих измерений. Основу предлагаемого метода траекторных измерений составляют радиоинтерферометрические измерения со сверхдлинной базой. При этом в качестве базы измерений используется расстояние между наземным радиотехническим комплексом и бортовым радиотехническим комплексом опорного космического аппарата, постоянно находящегося в зоне видимости наземного измерительного пункта. Реализация бортового радиотехнического комплекса может представлять собою систему космических аппаратов, расположенных на высоко вытянутой эллиптической орбите с высотой апогея более двадцати тысяч километров или систему космических аппаратов, расположенных на геостационарной орбите с высотой 36 000 км. Применение разработанного метода позволяет расширить возможности системы контроля и анализа космической обстановки в части ведения и оперативного уточнения общего и частных каталогов космических объектов, находящихся на околоземной орбите.

25.03-01.407 Применение физического уровня 5G NR в космических коммуникациях, оценка эффективности. **Рогожников Е.В., Дмитриев Э.М., Кондрашов Д.А., Кроков Я.В., Коновальчиков А.В., Мухамдиев С.М.** *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 1, с. 143-156. Рус.

Канал распространения существенно модифицируется в случае технологии радиодоступа нового радио 5-го поколения (5G NR) в системах космической связи. В частности, возникают большие задержки по отношению к наземному каналу распространения, а затухание сигнала увеличивается, что приводит к снижению отношения сигнал/шум (SNR). Доплеровский сдвиг несущей частоты также существенно увеличивается из-за высокой скорости космического корабля (КА) относительнопользовательского оборудования (АП). Цель работы — исследование возможностей декодирования физических каналов и сигналов системы 5G NR в случае ее применения в системах спутниковой связи (СКС), а также расчет производительности такой системы для оценки применимости. 5G NR в СКС. Способность правильно декодировать сигналы и каналы в зависимости от SNR оценивается с помощью математического моделирования сигнала 5G NR и формирования канала совместно с моделью Quasi Deterministic Radio Channel Generator (QuaDRiGa). В рамках исследования сделаны выводы о применимости технологии радиодоступа 5G NR в среде космической связи.

25.03-01.408 Новая модель эволюции Вселенной. **Мышинский Г.В., Вишневский Р., Старостин В.И.** *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 3, с. 353-366. Рус.

Представлены эксперименты и свойства низкоэнергетических ядерных реакций. Показано существование новых основных состояний в атоме водорода, ионе гелия и других водородоподобных атомах, находящихся в сильном магнитном поле при появлении третьего пространственного осцилляционного квантового числа. На примере атома трансгелия рассмотрена возможность спаривания атомных электронов в ортобозон. Показана возможность генерации сильных и сверхсильных магнитных полей в космической абсолютной плазме в эпоху Фотон, в которой электроны рекомбинируют с протонами и ядрами гелия в переходом в трансводородные и трансгелиевые атомы. Трансатомы, объединяясь в трансмолекулы, вступают в многоядерные, безызлучательные, низкоэнергетические реакции. Наступило время постоянного естественного нуклеосинтеза. Нуклеосинтез атомов углерода, азота и кислорода, когда они в подавляющем большинстве были окружены атомами водорода, привел после эпохи Рекомбинации к интенсивному ор-

ганическому и биоорганическому синтезу, результатом которого стало возникновение жизни и заполнение ею всей Вселенной. Были продемонстрированы низкоэнергетические ядерные реакции, происходящие в звездах. Показана возможность естественного нуклеосинтеза, происходящего на Земле.

25.03-01.409 Пьезоэлектрические датчики для изучения плазменно-пылевой экзосферы Луны. **Piezoelectric sensors for studying the Moon plasma-dust exosphere. Golovanov E.V., Kashin V.V., Gorbachev I.A., Kolesov V.V., Zakharov A.V., Dol'nikov G.G.** *Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2024. 16, № 7, с. 829-836. Англ.

The scientific research program of lunar landers includes an experiment involving the study of the dynamics of lunar microparticles and the parameters of the near-surface dust plasma. Near-surface plasma and levitating dust particles form the Moon plasma-dust exosphere. To register the mechanical characteristics of dust microparticles, it is necessary to develop an impact sensor. As a sensitive element for the impact sensor, the shock sensitivity of various piezoelectric materials was experimentally studied: lithium niobate single crystals, PZT-19 piezoceramics, as well as a piezopolymer film of polyvinylidene fluoride. To register electrical signals on the piezoelectric sensors surface, a measuring stand with the original topology of the electrode system on the plates has been developed. The sensitivity of various piezoelectric sensors to impact, the response times of the sensor to impact, as well as the coordinates of the impact points on the sensor plates were measured.

25.03-01.410 Перспективы измерения постньютоновского параметра γ с помощью двух спутников, оснащенных высокостабильными атомными часами и системой компенсации эффекта Доплера. **Литвинов Д.А.** *Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 9, с. 569-582. Рус.

Исследована возможность экспериментального определения ППН-параметра γ путем измерения гравитационного смещения частоты сигналов, которыми обмениваются два космических аппарата, движущиеся по гелиоцентрическим орбитам и оснащенные высокостабильными атомными часами и системой компенсации нерелятивистского эффекта Доплера типа Gravity Probe A. Показано, что система компенсации эффекта Доплера существенно снижает требования к точности определения скоростей космических аппаратов по сравнению с обычными одно- и двухпутевыми режимами обмена сигналами, однако, приводит к сокращению зависящего от γ вклада в сдвиг частоты в ведущем порядке разложения по обратной скорости света, $O(c^{-3})$. Получено уравнение, описывающее зависящий от γ вклад в сдвиг частоты для схемы Gravity Probe A в следующем порядке разложения, $O(c^{-4})$. Показано, что данное уравнение содержит слагаемые с "расширенными" коэффициентами, которые весьма быстро растут по абсолютной величине при приближении траектории распространения сигнала к источнику гравитационного поля. Благодаря этому при использовании лучших из имеющихся сегодня оптических часов (типа JILA SrI), точность предлагаемого эксперимента может достичь $1.7 \cdot 10^{-7}$ для найденной нами оптимальной конфигурации орбит и 5 лет накопления данных. Это на 1 порядок хуже оценки, полученной нами ранее для аналогичного эксперимента без использования схемы компенсации эффекта Доплера, но на 2 порядка превосходит наилучший на сегодня результат, полученный с зондом Cassini. Рассмотрены некоторые аспекты технической реализации предложенного эксперимента и возможность его проведения совместно с другими типами гравитационных экспериментов.

25.03-01.411 Параметры возможного спутника нейтронной звезды в направлении остатка сверхновой **G315.4-2.30. Пахомов Ю.В.** *Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 9, с. 583-593. Рус.

На основе спектров низкого разрешения ($R \approx 3000$) определенных параметры звезды Gaia DR3 5877303483506681472 ($G=19.4$ mag), наиболее близкого объекта к рентгеновскому источнику [GV2003]N в направлении остатка сверхновой G315.4-2.30: эффективная температура $T_{eff}=4830$ K, ускорение силы тяжести $\log g=4.3$, металличность $[Fe/H]=-0.05$. Исследована на пере-

менность ее лучевая скорость, в пределах ошибок ($\sigma V_{rad} \approx 5$ км/с) изменений не обнаружено. Выявлен избыток содержащий элементов Ca, Ti, V, Mn. По интенсивности диффузных межзвездных молекулярных полос оценен избыток цвета звезды $E(B-V) = 0.68 \pm 0.08$. Оценка фотометрического расстояния $d = 2.5 \pm 0.9$ кпк указывает на возможную связь с остатком сверхновой.

25.03-01.412 Модели мирид Большого Магелланова Облака. *Фадеев Ю.А. Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 9, с. 594-603. Рус.

Проведены согласованные расчеты эволюции и нелинейных радиальных пульсаций моделей звезд асимптотической ветви гигантов с начальной массой $1.5M_{\odot}$ (MZAMS); $3M_{\odot}$ и начальным содержанием металлов $Z = 0.006$. Показано, что пульсации рассмотренных моделей звезд связаны с неустойчивостью первого обертона или фундаментальной моды. Нижний предел значений периода колебаний в первом обороте возрастает с массой мириды от $P_{1,min} \approx 80$ сут при $M = 1.3M_{\odot}$ до $P_{1,min} \approx 120$ сут при $M = 2.6M_{\odot}$. Верхний предел периода первого обертона и нижний предел периода фундаментальной моды определяются физическими условиями при переключении моды колебаний и составляют от $P_{1,max} = 130$ сут и $P_{0,min} = 190$ сут при $M = 0.96M_{\odot}$ до $P_{1,max} = 210$ сут и $P_{0,min} = 430$ сут при $M = 2.2M_{\odot}$. Наклон теоретической зависимости период—светимость мирид заметно возрастает с уменьшением Z . В Фурье-спектрах кинетической энергии двенадцати гидродинамических моделей обнаружено расщепление частоты фундаментальной моды на несколько равноудаленных компонент. Интервалы частотного расщепления в разных моделях составляют 0.03 ($\Delta\gamma/\gamma_0$); 0.1 . Суперпозиция колебаний с расщепленной частотой основной моды является причиной возникновения долговременных циклических изменений амплитуды пульсаций на шкале времени в $10-30$ раз превосходящей ментальной моды требует дальнейшего исследования.

25.03-01.413 Лучевые скорости узких компонентов эмиссионных линий в спектрах звезд типа Т Тельца. *Кирюгина В.А. Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 9, с. 604-615. Рус.

Изучена вращательная модуляция лучевых скоростей узких эмиссионных линий у четырех классических звезд типа Т Тельца. Найдено, что декларируемое ранее смещение средней скорости линий нейтрального и ионизованного гелия относительно средней лучевой скорости звезды не связано с втеканием аккрецируемого газа в пятно, поскольку кривые лучевых скоростей для линий с различными смещениями по скорости должны испытывать фазовые сдвиги друг относительно друга, в то время как наблюдаемые фазовые сдвиги отсутствуют в пределах ошибок и не соответствуют наблюдаемым сдвигам линий по скорости. Это означает, что сдвиги линий не вызваны реальным движением газа. В случае линий нейтрального гелия смещение можно объяснить большой оптической толщиной линий и эффектом Штарка при параметрах плазмы, которые соответствуют ожидаемым в основании аккреционной колонки звезд типа Т Тельца.

25.03-01.414 Магнитные жгуты с токовой оболочкой как вспыхивающие солнечные структуры. *Соловьев А.А., Киричек Е.А. Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 9, с. 616-624. Рус.

Модели бессловых магнитных жгутов различаются по их внутренней токовой структуре: в одном случае сильные электрические токи сосредоточены на оси жгута, а в другом — в тонкой периферической оболочке. В настоящей работе проводится сравнительный анализ трех новых моделей второго типа. Все бессловые магнитные жгуты имеют одно общее физическое свойство, приводящее к вспыхивающему энерговыделению: при выходе вершины петельного жгута в хромосферу и корону Солнца, внешнее давление, удерживающее жгут от бокового расширения, неуклонно падает; при некотором критическом его уменьшении продольное магнитное поле жгута стремится к нулю на поверхности смены знака токов. При этом азимутальный ток $j_{\varphi}(r)$ и бессловый параметр $\alpha(r)$, приближаясь к разрыву на этой поверхности, начинают неограниченно расти вблизи нее. Это приводит к возбуждению плазменной

ионно-звуковой неустойчивости, резкому понижению проводимости плазмы, быстрой диссипации магнитной энергии в жгуте и генерации супер-дрейсеровских электрических полей. Совокупность таких процессов в сочетании с эффектом Паркера — выравниванием с альвеновской скоростью вращательного момента (torque) вдоль оси жгута — хорошо описывает основные проявления солнечной вспышки.

25.03-01.415 Производство позитронов в центре Галактики субрелятивистскими протонами и ядрами. *Чернышов Д.О., Догель В.А., Дремин И.М., Киселев А.М., Копьев А.В. Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 10, с. 627-633. Рус.

Предложены альтернативные процессы генерации позитронов, производящих аннигиляционную линию 511 кэВ в балдже Галактики, космическими лучами. Поскольку релятивистские космические лучи, помимо позитронов, производят и вторичные гамма-кванты, поток которых ограничен экспериментально, мы рассматриваем субрелятивистские частицы. Частицы с энергиями ниже порога производства заряженных пионов могут рождают позитроны в двух процессах: непосредственным производством электрон-позитронных пар при электромагнитном взаимодействии (ультрапериферические столкновения) и путем создания нестабильных изотопов за счет реакции скалывания или протонного захвата. Данные процессы характеризуются сечениями, которые малы на нерелятивистских энергиях и быстро возрастают с увеличением скорости частиц. Оптимальные скорости протонов лежат в диапазоне примерно $0.1-0.3$ скорости света. При таких скоростях сечение рождения позитронов достаточно велико, но производство гамма-квантов все еще мало. Следовательно, для производства позитронов требуются специальные источники космических лучей, в которых рождается большое количество субрелятивистских частиц в указанном диапазоне скоростей. В качестве таких источников мы рассматриваем быстрые оптические транзиенты и приливные разрушения звезд центральной черной дырой. Характерные скорости ветров в данных объектах составляют десятки доли скорости света. Если эффективность ускорения заряженных частиц до релятивистских энергий невелика, то данные ветра способны производить требуемое количество позитронов. Также мы показываем, что энергии, выделяемой в процессах приливных разрушений звезд, достаточно для производства требуемого числа позитронов.

25.03-01.416 Оценка напряженности магнитного поля транзитного рентгеновского пульсара 4U 1901+03 по переменности рентгеновского потока на различных временных масштабах. *Мереминский И.А., Семенина А.Н., Лутвинов А.А., Цыганков С.С., Мольков С.В., Карасёв Д.И. Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 10, с. 634-641. Рус.

По данным наблюдений нескольких рентгеновских телескопов (Swift/XRT, NICER, Chandra) был восстановлен профиль вспышки 2019 г. аккрецирующего рентгеновского пульсара 4U 1901+03 от пика вспышки до возвращения источника в “низкое” состояние. Умягчение спектра и исчезновение пульсаций на поздних стадиях позволяет предположить, что источник перешел в состояние “пропеллера” при светимости около 10^{36} эрг s^{-1} , что соответствует напряженности магнитного поля нейтронной звезды $B \leq 10^{12}$ Гс. Также показано, что на частотах выше 2 Гц форма спектра мощности быстрой рентгеновской переменности, полученного в максимуме вспышки 2003 г., хорошо описывается степенным законом со сломом на характерной частоте 7.5 Гц. Если эта частота соответствует вязкой частоте на границе магнитосферы, то можно оценить магнитное поле $B \approx 7 \cdot 10^{11}$ Гс, что согласуется с оценкой, полученной по переходу в режим “пропеллера”.

25.03-01.417 Взаимодействие аккреции и околозвездной экстинкции как причина необычной переменности WTTS звезды V715 Per. *Гринин В.П., Потравное И.С., Еселевич М.В., Ефимова Н.В., Барсунова О.Ю., Шугаров С.Ю., Борман Г.А. Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 10, с. 642-652. Рус.

Представлены новые результаты фотометрического и спектрального мониторинга WTTS звезды V715 Per, расположен-

ной в молодом скоплении IC 348 и демонстрирующей комплексный характер переменности. Показано, что переменность эквивалентной ширины эмиссионной линии $\text{H}\alpha$ модулирована с периодом осевого вращения звезды и находится в противофазе с изменениями блеска. Это служит подтверждением ранее предложенной модели фотометрической переменности V715 Per, основанной на переменной околозвездной экстинкции во внутреннем диске на радиусе коротации. По нашим оценкам, радикальная смена характера переменности, произошедшая после 2010 г., с большой вероятностью обусловлена изменениями темпа аккреции в системе. Новые данные фотометрии показали завершение продолжительного ослабления блеска, наблюдавшегося у звезды в период 2017–2023 гг. и вызванного затмением протяженной пылевой структурой во внешних областях диска. Уточненный период малоамплитудной компоненты переменности составил 5.22^d и показал стабильность на протяжении всего ряда наблюдений.

25.03-01.418 Эволюция орбитального периода сверхкомпактной двойной системы. *Антипин С.В., Бердников Л.Н., Постнов К.А., Зубарева А.М., Иконникова Н.П., Бурлак М.А., Белинский А.А. Письма в Астрон. ж.* 2024. 50, № 10, с. 653-657. Рус.

Проанализировано изменение периода сверхкомпактной двойной системы ZTF J213056.71+442046.5, представляющей собой источник потенциально обнаружимых гравитационных волн миллигерцового диапазона для планируемых космических лазерных интерферометров. Фотометрические данные охватывают временной интервал почти в 6.5 лет и включают собственные наблюдения, проведенные на телескопе RC600 Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ, и данные обзора неба ZTF. Диаграмма О—С может быть описана квадратичными элементами изменения блеска, которые соответствуют скорости убывания периода $dP/dt = (-2.66 \pm 0.62) \cdot 10^{-12} \text{ с с}^{-1}$. Полученное значение изменения орбитального периода приводит к увеличению почти вдвое ожидаемого значения отношения сигнала к шуму для наблюдений гравитационных волн от этой системы на космических лазерных интерферометрах.

25.03-01.419 Моделирование изображений протопланетных дисков после столкновения со свободными планетами. *Демидова Т.В., Григорьев В.В. Письма в Астрон. ж.* 2024. 50, № 10, с. 658-670. Рус.

Исследуются наблюдаемые проявления возмущений в топпланетном диске, вызванных столкновением с массивной планетой. Предполагается, что движение планеты осуществляется по параболической траектории, которая пересекает плоскость диска вблизи звезды. Газодинамическое моделирование выполнено методом конечных объемов на длительной шкале времени. На его основе построены изображения диска, наблюдаемого с полюса и с ребра в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах. Рассмотрен широкий интервал параметров орбиты планеты. Сближение планеты рассматривалось как сонаправленное с вращением диска, так и противоположное (ретроградное). Расчеты показали, что на изображениях диска, видимого с полюса, при сонаправленном падении могут наблюдаться две спиральные ветви, а при ретроградном — одна. В случае наблюдений диска, плоскость которого наклонена под небольшим углом к лучу зрения, могут быть заметны искажения плоскости диска. Кроме того, от диска в сторону движения планеты вытягивается хвост газа, который также может быть отождествлен в наблюдениях.

25.03-01.420 Яркость фона неба Кавказской горной обсерватории МГУ в полосах BV RcIc. *Комарова И.А., Татарников А.М., Шаронова А.В., Белинский А.А., Масленникова Н.А., Иконникова Н.П., Бурлак М.А. Письма в Астрон. ж.* 2024. 50, № 10, с. 671-681. Рус.

Проанализированы результаты измерений яркости фона неба КГО ГАИШ МГУ в видимом и ближнем ИК-диапазоне, выполненных в 2019–2024 гг. В 2023–2024 гг. медианная яркость 1 квадратной угловой секунды безлунного ночного неба в зените составила 21.31^m в полосе В, 20.63^m в полосе V, 20.15^m в полосе Rc и 19.11^m в полосе Ic. За 5 лет яркость фона выросла на 0.7^m в полосах В и V, на 0.45^m в полосе Rc и $\sim 0.1^m$ в полосе Ic. Показано, что основной вклад ($\sim 85\%$) в увеличение

фона связан с антропогенной засветкой от близлежащих городов, остальная часть вызвана ростом солнечной активности после минимума 2019 г. Исследована зависимость яркости фона неба от воздушной массы, положения Солнца и Луны на небе. Проведен качественный анализ светового загрязнения на форму спектра, которую в последнее время определяет в основном излучение светодиодных ламп. Подобные изменения фона, которые, вероятнее всего, будут только усиливаться, делают все более актуальным переход к наблюдениям, менее чувствительным к уровню светового загрязнения — фотометрии и спектроскопии в ИК-диапазоне и спектроскопии высокого разрешения в оптическом.

25.03-01.421 Бародиффузионный механизм разделения изотопной газовой смеси в сверхсильных центробежных полях под воздействием акустической волны. *Боговалов С.В., Джуля Д.Н., Троицкий И.В. Инженерно-физический журнал.* 2024. 97, № 6, с. 1451-1461. Рус.

Во вращающемся газе в сверхсильном центробежном поле под действием волн возникают новые механизмы разделения бинарной изотопной газовой смеси, которых нет в неподвижном газе. В работе проведен анализ этих механизмов. Детально рассмотрен механизм разделения, связанный с бародиффузией газа, возникающей из-за различий между радиальными распределениями возмущения давления в волне и давления в невозмущенном газе. Получены зависимости разделения от частоты и амплитуды волны за счет бародиффузионного механизма.

25.03-01.422 Изучение явления контаминации на малых космических аппаратах. *Фомин Д.В., Шольгин И.О., Зубко Е.И. Науч. приборостр.* 2024. 34, № 2, с. 44-53. Рус.

Рассматривается отрицательное воздействие собственной атмосферы космического аппарата (КА) на его внешние приборы и проявление менее изученного явления — контаминации, оказывающего вредное воздействие на внутренние узлы и приборы КА. Образованные слои контаминантов толщиной всего в несколько нанометров способны значительно ухудшить пропускные характеристики оптических приборов. Для изучения явления контаминации очень важным представляется определение толщины пленок сублимированных веществ с течением времени. Авторами предлагается прибор для изучения явления внутренней контаминации. Работа предложенного устройства основана на измерении резонансных частот колебаний кристаллического резонатора, выступающего в роли датчика, реагирующего на изменение массы нарастающей пленки контаминантов. Предложенное устройство является перспективным для КА, поскольку используемые в его основе кварцевые резонаторы устойчивы к вибрации, а сам модуль имеет малые габариты и вес, что позволяет размещать его на космических аппаратах стандарта CubeSat.

25.03-01.423 Спектр первичных гравитационных волн в квантовой версии конформной ОТО. *Арбузов А.Б., Никитенко А.А. Письма в ЖЭТФ.* 2024. 120, № 11, с. 895-901. Рус.

Проведено вычисление мощности спектра первичных гравитационных волн в квантовой версии конформной общей теории относительности. Фундаментальными переменными квантовой гравитации в нашем подходе являются не компоненты метрического тензора, а специальные переменные, которые представляют собой динамическую часть спиновой связности. Показано, что наша модель в борновском приближении воспроизводит стандартную мощность спектра первичных гравитационных волн, сгенерированных в процессе канонической инфляции. Это позволило опробовать квантовую версию конформной теории гравитации в конкретной феноменологической задаче.

25.03-01.424 Швингер против Унру. *Schwinger vs Unruh. Volovik G.E. Письма в ЖЭТФ.* 2024. 120, № 9, с. 659-660. Англ.

It is shown that the temperatures which characterise the Unruh effect, the Gibbons—Hawking radiation from the de Sitter cosmological horizon and the Hawking radiation from the black hole horizon acquire the extra factor 2 compared with their traditional values. The reason for that is the coherence of different processes. The combination of the coherent processes also allows

us to make the connection between the Schwinger pair production and the Unruh effect.

25.03-01.425 Звездная эволюция и аксиоподобные частицы: новые ограничения и указания из анализа шаровых скоплений в данных Gaia DR3. *Троицкий С.В.* Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 3, с. 177-183. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0370274X25020012>.

25.03-01.426 Энтропия Цаллиса—Цирто черной дыры и атома черной дыры. Tsallis—Cirto entropy of black hole and black hole atom. *Volovik G.E.* Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 4, с. 260-262. Англ.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0370274X25020158>.

25.03-01.427 О повышении концентрации первичных черных дыр в гало карликовых галактик. *Пилипенко С.В., Ткачев М.В., Аракелян Н.Р.* Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 5, с. 344-351. Рус.

С помощью численного эксперимента нами предсказано, что если темная материя содержит даже небольшую долю, $f_0 \sim 10^{-4}$, первичных черных дыр, в ходе образования гравитационно-связанного гало карликовой галактики эти ПЧД сконцентрируются в области радиусом около 10 пк, так что их доля будет превышать 1%. В отличие от предыдущих исследований миграция первичных черных дыр в центры галактик, проведенные численные эксперименты учитывают раннее образование массивной “шубы” из ТМ вокруг ПЧД и нестационарность гало в ходе его формирования. Применение наших результатов к моделям нагрева звездных скоплений в галактиках Эридан II и Segue I за счет динамического трения звезд и первичных черных дыр позволяют наложить на 22 порядка более строгие ограничения на обилие первичных черных дыр, чем считалось ранее.

25.03-01.428 Каскадная релаксация гравитирующего вакуума как генератор эволюционирующей Вселенной. *Лукаш В.Н., Михеева Е.В.* Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 6, с. 421-430. Рус.

Каскадная релаксация поляризованного вакуума в расширяющейся Вселенной есть цепь эволюционных эпох уменьшения его плотности с выходом доминирующих полей (каждое в свое время) из начальных нулевых состояний к ненулевым значениям, от доминирующего скалярного поля в ранней Вселенной к последующим, включая Λ -член в современной Вселенной. Каскадная релаксация вакуума создает всю наблюдаемую космологию — от фридмановской модели с малыми возмущениями метрики с нестепенными спектрами мощности, из которых могли возникнуть первичные черные дыры, и гравитационными волнами в широком диапазоне частот до образования темной материи и энергии, ранних галактик и сверхмассивных черных дыр и крупномасштабной структуры Вселенной. Построена наблюдательная модель каскадной релаксации вакуума в ранней Вселенной, содержащая две константы, определяемые наблюдательными данными и не требующая информации о потенциале полей. Получено решение гравитационно-вакуумного аттрактора общей теории относительности, включающее, помимо двух ранее упомянутых констант, и третью (пока не ограниченную наблюдениями), которая приводит к дополнительной мощности возмущений плотности в малых масштабах ($k > 10 \text{ Мпк}^{-1}$) в виде “бампа”, двухстепенного спектра и др.

25.03-01.429 Указание на вариацию отношения масс электрона и протона в пределах Галактики. *Воротынцева Ю.С., Левшаков С.А.* Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 8, с. 619-624. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0370274X25040123>.

25.03-01.430 Прецизионные методы хронометрирования и поляриметрии пульсаров: результаты и перспективы. *Постнов К.А., Порайко Н.К., Пиширков М.С.* УФН. 2025. 195, № 2, с. 154-171. Рус.

Анализ моментов прихода импульсов пульсаров (пульсарный тайминг) — чувствительный инструмент современных астрофизических исследований, позволяющий измерять задержки времени распространения электромагнитного сигнала на пути от источника к наблюдателю. Совместный тайминг сети из многих пульсаров (Pulsar Timing Array — PTA) позволяет решать

разнообразные астрофизические задачи, в том числе и задачу прямого детектирования возмущений метрики пространства—времени, в частности вызванных гравитационными волнами. Представлен обзор современного состояния исследований в области пульсарного тайминга и последние результаты по детектированию стохастического фона наногерцовых гравитационных волн астрофизической и космологической природы международными коллаборациями NANOGrav, IPTA, InPTA, CPTA. Также обсуждаются современные ограничения на скалярную ультралёгкую материю (псевдоскалярные бозоны), получаемые из хронометрирования и поляриметрии пульсаров, и перспективы применения этих методов для решения других задач фундаментальной физики и космологии. Ключевые слова: радиопульсары, пульсарный тайминг, гравитационные волны, стохастический фон гравитационных волн, сверхмассивные двойные чёрные дыры, ультралёгкая скалярная тёмная материя.

25.03-01.431 Космологические сценарии без начальной сингулярности в скалярно-тензорных теориях и их устойчивость. *Волжова В.Е., Миронов С.А.* УФН. 2025. 195, № 2, с. 172-187. Рус.

Представлен краткий обзор развития и текущего состояния исследований моделей ранней Вселенной без начальной сингулярности, а именно сценариев космологического отскока и генезиса, построенных в рамках широкого класса скалярно-тензорных теорий, в частности, в теории Хорндески и её обобщениях. Обзор сосредоточен на темах, связанных с линейной устойчивостью возмущений на фоне несингулярных космологических решений: 1) запрещающая теорема, справедливая для космологических моделей без начальной сингулярности в рамках теории Хорндески, 2) расширенный перечень возможных способов обхода указанной запрещающей теоремы, 3) роль дисформных преобразований, связывающих подклассы теории Хорндески с обобщёнными теориями, такими как DHOST-теории, 4) влияние на устойчивость дополнительных полей материи и потенциальное возникновение возмущений, распространяющихся со сверхсветовыми скоростями, в многокомпонентных системах. Ключевые слова: скалярно-тензорные теории, космология без начальной сингулярности, устойчивость, сверхсветовые моды, космологический отскок, генезис.

25.03-01.432 Галактики в первый миллиард лет расширения Вселенной. *Сильченко О.К.* УФН. 2025. 195, № 2, с. 188-198. Рус.

Расширение Вселенной началось 13,8 млрд лет назад. Примерно через сотню миллионов лет после этого события газовая компонента материи Вселенной “созрела” до того, чтобы начать образовывать звёзды. Именно в ту эпоху следует искать начало возникновения во Вселенной популяции галактик — больших гравитационно связанных звёздных систем. Современные наблюдательные средства — наземные интерферометры и космические телескопы — позволяют напрямую исследовать свойства галактик на самых ранних стадиях эволюции, в первый миллиард лет после начала расширения Вселенной: их формы, размеры, массы, темпы звездообразования и активность их ядер. В данном кратком обзоре представлены последние результаты таких исследований. Ключевые слова: эволюция галактик, ранняя Вселенная, астрономические наблюдения.

25.03-01.433 Новые взгляды на активность астероидов: наблюдения, модели, прогнозы. *Шустов В.М., Бусарев В.В., Петрова Е.В., Щербина М.П., Золотарёв Р.В.* УФН. 2025. 195, № 4, с. 344-376. Рус.

В последние годы представления о кардинальном различии между кометами и астероидами были существенно скорректированы. У нескольких десятков астероидов Главного пояса наблюдались признаки кометной активности (комы, хвосты), поэтому они получили название “кометы Главного пояса”. С помощью наземных инструментов такие активные астероиды выявлялись в основном методом получения изображений, причём наблюдались лишь достаточно мощные проявления активности астероидов Главного пояса. Несомненно, что число астероидов, в которых активность протекает на более умеренных масштабах, несравненно больше. Для регистрации слабой активности с помощью наземных инструментов нужны новые подходы. Таким эффективным подходом оказалось применение тради-

ционного метода широкополосной фотометрии и спектроскопии низкого разрешения. Применение этого подхода позволило массово изучать слабую форму активности астероидов примитивных типов, названную сублимационно-пылевой активностью (СПА). СПА приводит к образованию у астероида временной, достаточно разреженной пылевой экзосферы, которая может быть обнаружена методом широкополосной фотометрии. В обзоре приведены современные представления об активных астероидах. Основное внимание уделено проявлениям СПА и моделям рассеяния света в пылевых экзосферах астероидов. Обсуждаются массовость СПА и возможные механизмы, ответственные за СПА. Ключевые слова: астероиды, активные астероиды, сублимационная активность, рассеяние света на пылевых частицах, столкновения астероидов.

25.03-01.434 Методы машинного обучения в физике Солнца. *Илларионов Е.А.* УФН. 2025. 195, № 4, с. 395-415. Рус.

Развитие и успехи методов машинного обучения в широком круге задач оказали существенное влияние на постановку и проведение научных исследований в солнечной физике. Большие массивы данных стали самостоятельной ценностью, в которую вложены усилия экспертов и значительные технологические ресурсы. Сами исследования приобрели междисциплинарный характер и концентрируются вокруг передовых вычислительных центров. Появилась возможность ставить масштаб-

ные задачи там, где ещё вчера отсутствовала чёткая математическая постановка. В обзоре представлены основные идеи, на которых основаны современные модели машинного обучения, базы данных, подготовленные для задач машинного обучения, и инструменты работы с данными. Основная часть обзора посвящена обсуждению моделей, предложенных в контексте конкретных задач физики Солнца, и их обобщений на другие приложения. Ключевые слова: Солнечная физика, солнечная активность, машинное обучение, базы данных.

25.03-01.435 Происхождение и перенос воды во Вселенной. *Кирсанова М.С., Бакланов П.В., Васильев Е.О., Васюнин А.И., Вибе Д.З., Дроздов С.А., Ларченкова Т.И., Лихачёв С.Ф., Моисеев А.В., Павлюченков Я.Н., Созинова П.С., Топчиева А.П., Третьяков И.В., Федосеев Г.С., Худченко А.В., Шахворстова Н.Н.* УФН. 2025. 195, № 3, с. 294-310. Рус.

Решение проблемы происхождения и переноса воды во Вселенной является одним из ключевых направлений научной программы космической обсерватории "Миллиметрон". В работе рассматривается широкий круг задач, связанных с этой проблематикой: от образования воды в ультраярких галактиках и местной Вселенной до протопланетных дисков и комет. Предлагаются методы и подходы для их решения.

См. также **25.03-01.83, 25.03-01.84, 25.03-01.85, 25.03-01.319, 25.03-01.322, 25.03-01.379**

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- В**
- Barat V.A. **25.03-01.381**
Bardakov V.V. **25.03-01.381**
- D**
- Danilov V.N. **25.03-01.271**
Dol'nikov G.G. **25.03-01.409**
- E**
- Elizarov S.V. **25.03-01.381**
- G**
- Golovanov E.V. **25.03-01.409**
Gorbachev I.A. **25.03-01.409**
Grachev V.I. **25.03-01.265**
Grigoriev S.N. **25.03-01.252**
- K**
- Karpova M.V. **25.03-01.381**
Kashin V.V. **25.03-01.409**
Kolesov V.V. **25.03-01.409**
Kozochkin M.P. **25.03-01.252**
Kuz'kin V.M. **25.03-01.265**
Kuznetsova I.E. **25.03-01.235**
- L**
- Lepsheev E.A. **25.03-01.381**
- M**
- Marchenkov A.Yu. **25.03-01.381**
- N**
- Nedospasov I.A. **25.03-01.235**
- O**
- Okunkova A.A. **25.03-01.252**
- P**
- Pereselkov A.S. **25.03-01.265**
Pereselkov S.A. **25.03-01.265**
Pupyrev P.D. **25.03-01.235**
- T**
- Tkachenko S.A. **25.03-01.265**
- U**
- Ushanov S.V. **25.03-01.381**
- V**
- Volosova M.A. **25.03-01.252**
Volovik G.E. **25.03-01.424**,
25.03-01.426
- Z**
- Zakharov A.V. **25.03-01.409**
- A**
- Абрамов А.П. **25.03-01.171**,
25.03-01.172
Абрамов Г.В. **25.03-01.338**
Абрамова Е.Н. **25.03-01.83**,
25.03-01.84, **25.03-01.85**
Агашков А.В. **25.03-01.214**
Агейкин Н.А. **25.03-01.74**
Азаров А.А. **25.03-01.57**
Акаро Б. **25.03-01.377**
Акимов А.Г. **25.03-01.350**
Аккурагов В.И. **25.03-01.205**,
25.03-01.367
Алан-Рейс Н.В. **25.03-01.113**,
25.03-01.114
Алексеев Д.М. **25.03-01.79**
Алексеев О.А. **25.03-01.293**
Аленичев А.А. **25.03-01.75**
Алешкин В.М. **25.03-01.335**
Алифанова И.Е. **25.03-01.250**
Алыбин К.В. **25.03-01.106**
Андреева И.Г. **25.03-01.360**
Андронов П.Р. **25.03-01.310**
Аникин С.П. **25.03-01.190**
Анисимкин В.И. **25.03-01.53**,
25.03-01.74, **25.03-01.217**,
25.03-01.233, **25.03-01.246**,
25.03-01.380
Анисимов А.В. **25.03-01.105**
Анисимов Д.О. **25.03-01.401**
Анисичкин В.Ф. **25.03-01.309**
Антипин С.В. **25.03-01.418**
Аракелян Н.Р. **25.03-01.427**
Арбузов А.Б. **25.03-01.423**
Арсеньев С.А. **25.03-01.93**
Арутюнян К.С. **25.03-01.360**
Астапенко Д.В. **25.03-01.54**
Афанасьев Л.В. **25.03-01.304**
Афонин И.Л. **25.03-01.406**
Ахметов А.Т. **25.03-01.300**
- Б**
- Бабешко М.В. **25.03-01.21**
Багдасарян А.С. **25.03-01.55**,
25.03-01.120, **25.03-01.125**,
25.03-01.131, **25.03-01.135**
Багдасарян С.А. **25.03-01.135**
Бакланов П.В. **25.03-01.435**
Балакший В.И. **25.03-01.132**,
25.03-01.139, **25.03-01.156**,
25.03-01.163, **25.03-01.165**,
25.03-01.168, **25.03-01.174**,
25.03-01.178, **25.03-01.191**,
25.03-01.197, **25.03-01.208**,
25.03-01.213, **25.03-01.222**,
25.03-01.224
Баладин И.А. **25.03-01.227**
Балышева О.Л. **25.03-01.118**,
25.03-01.121, **25.03-01.124**,
25.03-01.126, **25.03-01.130**,
25.03-01.133, **25.03-01.136**,
25.03-01.150
Баранникова П.М. **25.03-01.368**
Баранов А.Д. **25.03-01.212**
Баранов В.Б. **25.03-01.405**
Барбасов А.Б. **25.03-01.316**
Барсунова О.Ю. **25.03-01.417**
Батшев В.И. **25.03-01.157**
Баханов В.В. **25.03-01.270**,
25.03-01.302
Бахмутов В.Ю. **25.03-01.14К**
- Башкатов В.В. **25.03-01.311**
Башмаков Д.А. **25.03-01.371**
Безматерных Д.О. **25.03-01.283**,
25.03-01.297
Безответных В.В. **25.03-01.281**
Беленьков Р.Н. **25.03-01.306**
Белинский А.А. **25.03-01.418**,
25.03-01.420
Белкин А.Е. **25.03-01.68**
Белкин А.Э. **25.03-01.37**
Белокуров В.В. **25.03-01.28**
Белый В.Н. **25.03-01.140**,
25.03-01.141, **25.03-01.144**,
25.03-01.158, **25.03-01.161**,
25.03-01.164, **25.03-01.175**,
25.03-01.179, **25.03-01.192**,
25.03-01.198, **25.03-01.203**,
25.03-01.204, **25.03-01.214**,
25.03-01.223
Беляев И.В. **25.03-01.317**
Беляева А.С. **25.03-01.193**,
25.03-01.215
Бердников Л.Н. **25.03-01.418**
Беркутов И.В. **25.03-01.250**
Бестугин А.Р. **25.03-01.365**
Бетелин В.Б. **25.03-01.26**
Бехер С.А. **25.03-01.383**
Бирюков Д.Р. **25.03-01.33**
Бирюков И.Д. **25.03-01.68**
Богатов Н.А. **25.03-01.71**,
25.03-01.72, **25.03-01.344**,
25.03-01.345, **25.03-01.347**
Богаченко А.Н. **25.03-01.398**,
25.03-01.399
Боговалов С.В. **25.03-01.421**
Боголюбов Б.Н. **25.03-01.281**
Богомолова В.В. **25.03-01.330**,
25.03-01.377
Богословский С.В. **25.03-01.122**
Боджона С.Д. **25.03-01.257**,
25.03-01.268
Боев Н.В. **25.03-01.32**
Боженюк В.А. **25.03-01.56**
Болдырев А.В. **25.03-01.371**
Болдырев С.В. **25.03-01.371**
Болдышева К.Д. **25.03-01.137**
Бондарев А.Л. **25.03-01.369**
Бондарева Е.Ю. **25.03-01.283**
Бондарева Ж.Д. **25.03-01.284**
Бондарева Ж.Ю. **25.03-01.77**
Боритко С.В. **25.03-01.142**,
25.03-01.157, **25.03-01.159**,
25.03-01.366
Боритко Я.С. **25.03-01.159**
Борман Г.А. **25.03-01.417**
Бородина И.А. **25.03-01.234**
Бочкарев А.В. **25.03-01.80**
Бражкин А.В. **25.03-01.317**
Бритенков А.К. **25.03-01.281**,
25.03-01.289
Булатов В.В. **25.03-01.279**
Булычев Н.А. **25.03-01.108**
Бунаков А. **25.03-01.394**
Буравова С.Н. **25.03-01.308**
Бурлак М.А. **25.03-01.418**,
25.03-01.420
Бурлаков А.Б. **25.03-01.398**,
25.03-01.399
Бурьян А.А. **25.03-01.326**
Бурьян Ю.А. **25.03-01.326**
Бусарев В.В. **25.03-01.433**
Буторина М.В. **25.03-01.324**
Быков А.А. **25.03-01.205**,

25.03-01.367
Быков А.И. **25.03-01.330,**
25.03-01.377
Быченко В.А. **25.03-01.250**
Бычков А.В. **25.03-01.13К**
Бычков О.П. **25.03-01.312**
Бычкова Е.В. **25.03-01.358**
Бычкова И.Ю. **25.03-01.13К**

В

Варанецкий А.М. **25.03-01.214**
Вареникова А.Ю. **25.03-01.239,**
25.03-01.353
Варченко А.А. **25.03-01.62**
Василенко А.М. **25.03-01.293**
Василенков Д.А. **25.03-01.323**
Васильев Е.О. **25.03-01.435**
Васюнин А.И. **25.03-01.435**
Ватульян А.О. **25.03-01.62,**
25.03-01.232
Веденяпин В.Н. **25.03-01.225,**
25.03-01.230
Вельмузов А.П. **25.03-01.229**
Вервейко В.Н. **25.03-01.306**
Веремеев И.В. **25.03-01.107,**
25.03-01.123, 25.03-01.127,
25.03-01.134, 25.03-01.206,
25.03-01.219
Вешев Н.А. **25.03-01.169**
Вибе Д.З. **25.03-01.435**
Вировлянский А.Л. **25.03-01.269**
Вишневский Р. **25.03-01.408**
Владимиров И.Ю. **25.03-01.279**
Власов С.Н. **25.03-01.302**
Войтенко Е.А. **25.03-01.281**
Волков С.С. **25.03-01.390,**
25.03-01.392, 25.03-01.393
Волкова В.Е. **25.03-01.431**
Володарский А.Б. **25.03-01.76**
Волошина В.Ю. **25.03-01.385**
Волошинов В.Б. **25.03-01.147,**
25.03-01.148, 25.03-01.170
Волощенко А.П. **25.03-01.274**
Волощенко В.Ю. **25.03-01.272,**
25.03-01.273, 25.03-01.274
Волощенко Е.В. **25.03-01.267,**
25.03-01.274, 25.03-01.287,
25.03-01.288, 25.03-01.291
Волощенко П.Ю. **25.03-01.273**
Волхонская Е.В. **25.03-01.21**
Вольбян О.Д. **25.03-01.106**
Вольцингер Н.Е. **25.03-01.14К**
Ворожцов А.Л. **25.03-01.216**
Воронин А.В. **25.03-01.303**
Воронин В.А. **25.03-01.77,**
25.03-01.256, 25.03-01.285,
25.03-01.286, 25.03-01.303
Воронова Н.В. **25.03-01.74,**
25.03-01.151, 25.03-01.217,
25.03-01.246, 25.03-01.380
Воротынцев А.В. **25.03-01.338**
Воротынцева Ю.С. **25.03-01.429**
Вьюгинов С.Н. **25.03-01.394**
Вьюгинова А.А. **25.03-01.394**

Г

Гайсин И.А. **25.03-01.371**
Галевко Ю.В. **25.03-01.370**
Галиакбаров А.Т. **25.03-01.371**
Гареев Л.Р. **25.03-01.92**
Гарифулина А.Т. **25.03-01.216**
Гималтдинов И.К. **25.03-01.300**
Гинзбург Т.В. **25.03-01.249**

Гладких Е.Г. **25.03-01.137**
Глазков А.О. **25.03-01.321,**
25.03-01.372
Глазков В.В. **25.03-01.228**
Глазов А.Л. **25.03-01.241**
Голов А.А. **25.03-01.281**
Голованова Л.Е. **25.03-01.360**
Головин В.В. **25.03-01.406**
Головчинская Н.В. **25.03-01.249**
Голубев В.И. **25.03-01.48**
Голубева И.Ю. **25.03-01.362**
Гольмшток А.Я. **25.03-01.14К**
Гонтюрев А.В. **25.03-01.372**
Гончар Э.В. **25.03-01.43, 25.03-01.44**
Горбунова О.А. **25.03-01.374**
Горнак С.В. **25.03-01.325**
Горнев Е.С. **25.03-01.217**
Гофман М.Д. **25.03-01.61**
Грановский Н.В. **25.03-01.243**
Грачев В.И. **25.03-01.18, 25.03-01.19,**
25.03-01.34, 25.03-01.49,
25.03-01.65, 25.03-01.261,
25.03-01.262, 25.03-01.263,
25.03-01.264, 25.03-01.266,
25.03-01.298, 25.03-01.299,
25.03-01.342, 25.03-01.343
Гривцов В.В. **25.03-01.363**
Григорьев В.В. **25.03-01.419**
Гринин В.П. **25.03-01.417**
Гришин М.Г. **25.03-01.20**
Гуляев Ю.В. **25.03-01.29, 25.03-01.55,**
25.03-01.120, 25.03-01.125,
25.03-01.131, 25.03-01.135
Гумеров И.Ф. **25.03-01.371**
Гурбатов С.Н. **25.03-01.23,**
25.03-01.349
Гуров В.В. **25.03-01.190**
Гусев В.А. **25.03-01.41, 25.03-01.79**
Гусева Е.К. **25.03-01.48**
Гущина Д.В. **25.03-01.320**

Д

Давыдов Д.А. **25.03-01.43,**
25.03-01.44, 25.03-01.237
Давыдова Е.А. **25.03-01.218**
Данилов В.Н. **25.03-01.255**
Данников А.В. **25.03-01.245,**
25.03-01.283, 25.03-01.363
Даринский А.Н. **25.03-01.199**
Дворников А.Ю. **25.03-01.14К**
Дегтеренко К.К. **25.03-01.303**
Демидова Т.В. **25.03-01.419**
Демидова Ю.А. **25.03-01.334**
Демьянов М.А. **25.03-01.373**
Демьянов Т.Г. **25.03-01.290**
Денисов И.В. **25.03-01.21**
Джуля Д.Н. **25.03-01.421**
Диденкулов И.Н. **25.03-01.96**
Дмитриев С.П. **25.03-01.115,**
25.03-01.116
Дмитриев Э.М. **25.03-01.407**
До Т.Б. **25.03-01.231**
Доберштейн С.А. **25.03-01.55,**
25.03-01.120, 25.03-01.123,
25.03-01.125, 25.03-01.128,
25.03-01.131, 25.03-01.135,
25.03-01.206, 25.03-01.219
Догель В.А. **25.03-01.415**
Долгих Т.Ф. **25.03-01.260**
Дремин И.М. **25.03-01.415**
Дроздов С.А. **25.03-01.435**
Дронский Р.В. **25.03-01.106**
Дубовой Д.В. **25.03-01.97**
Дьякова Ю.А. **25.03-01.26**

Дьяконов Е.А. **25.03-01.98,**
25.03-01.104, 25.03-01.220

Е

Евдокимов Е.М. **25.03-01.385**
Егоров И.В. **25.03-01.50**
Егорова М.А. **25.03-01.350**
Ермакова Л.Э. **25.03-01.115,**
25.03-01.116
Ерофеев В.И. **25.03-01.69,**
25.03-01.80
Еселевич М.В. **25.03-01.417**
Есипов И.Б. **25.03-01.22, 25.03-01.23,**
25.03-01.87
Еськин А.А. **25.03-01.113,**
25.03-01.114
Ефимов Д.Ю. **25.03-01.45**
Ефимова Н.В. **25.03-01.417**

Ж

Жардецкая А.С. **25.03-01.388**
Жежерин А.Р. **25.03-01.119,**
25.03-01.122, 25.03-01.129,
25.03-01.152
Жиленко Д.Ю. **25.03-01.95**
Жилин А.А. **25.03-01.395**
Жильцов Н.Н. **25.03-01.14К**
Жилякова Т.С. **25.03-01.113,**
25.03-01.114
Журавлева М.О. **25.03-01.345**

З

Завьялов С.А. **25.03-01.146**
Зайко Ю.С. **25.03-01.92**
Зайнутдинова Д.А. **25.03-01.374**
Зайцев Б.Д. **25.03-01.234**
Зайцев К.И. **25.03-01.322,**
25.03-01.379
Зайцева Л.Г. **25.03-01.360**
Закиров М.Н. **25.03-01.301**
Замураев В.П. **25.03-01.305**
Зараменских К.С. **25.03-01.211**
Заринов Ф.А. **25.03-01.112**
Заславский А.В. **25.03-01.153**
Зелёный Л.М. **25.03-01.29**
Землянухин А.И. **25.03-01.80**
Земнюков Н.Е. **25.03-01.289**
Земсков А.В. **25.03-01.70**
Зитаншин Р.В. **25.03-01.387**
Зимин А.В. **25.03-01.14К**
Золотарёв Р.В. **25.03-01.433**
Золотухина А.А. **25.03-01.227**
Зоткин А.П. **25.03-01.71,**
25.03-01.344
Зотов К.В. **25.03-01.242**
Зубарев А.С. **25.03-01.248**
Зубарева А.М. **25.03-01.418**
Зубко Е.И. **25.03-01.422**
Зыкова Л.А. **25.03-01.101,**
25.03-01.398, 25.03-01.399

И

Иванов А.Н. **25.03-01.364**
Иванов О.О. **25.03-01.315**
Измоленов В.В. **25.03-01.319,**
25.03-01.405
Иконникова Н.П. **25.03-01.418,**
25.03-01.420
Илларионов Е.А. **25.03-01.434**
Ильгисонис В.И. **25.03-01.26**
Ильичев А.Т. **25.03-01.40**

Ильичева М.А. 25.03-01.279
 Ильменков С.Л. 25.03-01.34
 Исмаилов А.И. 25.03-01.14К
 Ицков А.Г. 25.03-01.295

К

Кабанов С.И. 25.03-01.383
 Каган Б.А. 25.03-01.14К
 Кадомцев А.Г. 25.03-01.86
 Казак Н.С. 25.03-01.140,
 25.03-01.144, 25.03-01.158,
 25.03-01.162, 25.03-01.175,
 25.03-01.192
 Казаков В.И. 25.03-01.100,
 25.03-01.160, 25.03-01.188,
 25.03-01.195
 Казаков С.С. 25.03-01.339
 Казарова А.Ю. 25.03-01.269
 Казначеев И.В. 25.03-01.280
 Казначеева Е.С. 25.03-01.261,
 25.03-01.262
 Кайтан Д.В. 25.03-01.293
 Калинина А.П. 25.03-01.305
 Калинина Т.И. 25.03-01.63
 Канев Н.Г. 25.03-01.332, 25.03-01.334
 Карагузов В.И. 25.03-01.54
 Карандин А.В. 25.03-01.142
 Карасёв Д.И. 25.03-01.416
 Карасева В.А. 25.03-01.331
 Карпунин И.Э. 25.03-01.60
 Касьянов Д.А. 25.03-01.281
 Кауров П.В. 25.03-01.64
 Качарава А.Я. 25.03-01.228
 Кведер В.В. 25.03-01.26, 25.03-01.29
 Кемарская О.Н. 25.03-01.270
 Кириленко Р.С. 25.03-01.258
 Киричек Е.А. 25.03-01.414
 Кириченко И.А. 25.03-01.89,
 25.03-01.90, 25.03-01.352,
 25.03-01.356, 25.03-01.357
 Кириченко И.И. 25.03-01.356,
 25.03-01.357
 Кирсанова М.С. 25.03-01.435
 Кирюхина В.А. 25.03-01.413
 Киселев А.М. 25.03-01.415
 Кияшко С.Б. 25.03-01.81
 Клемин В.А. 25.03-01.349
 Клемина А.В. 25.03-01.349
 Коберник Н.В. 25.03-01.390
 Ковальчук М.В. 25.03-01.26
 Коганицкий Ю.С. 25.03-01.323
 Козлов А.Б. 25.03-01.157
 Козлов А.Г. 25.03-01.173
 Козлова А.М. 25.03-01.71
 Койгеров А.С. 25.03-01.124,
 25.03-01.130
 Кокорин Н.А. 25.03-01.72,
 25.03-01.347
 Кокшайский А.И. 25.03-01.76
 Колесников М.Н. 25.03-01.46
 Колмаков Р.П. 25.03-01.294
 Коломийцев Г.В. 25.03-01.78
 Комарова И.А. 25.03-01.420
 Комаровский К.О. 25.03-01.41
 Комкин А.И. 25.03-01.330,
 25.03-01.334, 25.03-01.368
 Кондратьева Е.А. 25.03-01.377
 Кондрашов Д.А. 25.03-01.407
 Коновалов А.В. 25.03-01.390,
 25.03-01.392, 25.03-01.393
 Коновальчиков А.В. 25.03-01.407
 Конюхов А.В. 25.03-01.307
 Коняшов В.В. 25.03-01.251
 Копосова Е.В. 25.03-01.302

Копьев А.В. 25.03-01.415
 Копьев В.Ф. 25.03-01.17, 25.03-01.30,
 25.03-01.316
 Корнеев В.С. 25.03-01.318
 Корнеев С.А. 25.03-01.318
 Корнилов В.С. 25.03-01.244
 Коробов А.И. 25.03-01.76
 Корольков С.Д. 25.03-01.319
 Косарев Б.А. 25.03-01.128
 Косенко И.М. 25.03-01.49,
 25.03-01.264
 Косинов А.Д. 25.03-01.304
 Костеев Д.А. 25.03-01.289
 Костенко В.В. 25.03-01.266
 Кострюков П.В. 25.03-01.199
 Костылева Е.И. 25.03-01.176,
 25.03-01.194, 25.03-01.207,
 25.03-01.221, 25.03-01.229
 Косых А.В. 25.03-01.146
 Котляров В.В. 25.03-01.256
 Котов А.Н. 25.03-01.375
 Котов В.Ю. 25.03-01.89
 Котюков А.В. 25.03-01.153
 Кравец Е.В. 25.03-01.202
 Кравчук Д.А. 25.03-01.240,
 25.03-01.245, 25.03-01.351
 Красников Г.Я. 25.03-01.26
 Красюков Е.А. 25.03-01.290
 Кривоносова О.Э. 25.03-01.95
 Кривошеин Д.С. 25.03-01.385
 Крох Г.В. 25.03-01.141, 25.03-01.161
 Крылова А.С. 25.03-01.321,
 25.03-01.372
 Крымская Н.А. 25.03-01.400
 Крысько Н.В. 25.03-01.389
 Крюков Я.В. 25.03-01.407
 Ксенофонтов С.И. 25.03-01.13К
 Кувькин Ю.А. 25.03-01.397
 Кувькина О.А. 25.03-01.397
 Кудряшова О.Б. 25.03-01.396
 Кузнецов М.С. 25.03-01.211
 Кузнецов Н.А. 25.03-01.29
 Кузнецова И.Е. 25.03-01.73,
 25.03-01.217, 25.03-01.380
 Кузнецова Т.Г. 25.03-01.362
 Кузовков В.Е. 25.03-01.358
 Кузькин В.М. 25.03-01.12К,
 25.03-01.42, 25.03-01.49,
 25.03-01.65, 25.03-01.110,
 25.03-01.261, 25.03-01.262,
 25.03-01.263, 25.03-01.264,
 25.03-01.266, 25.03-01.280,
 25.03-01.282, 25.03-01.298,
 25.03-01.299, 25.03-01.342,
 25.03-01.343
 Кулак Г.В. 25.03-01.100,
 25.03-01.141, 25.03-01.161,
 25.03-01.162, 25.03-01.177,
 25.03-01.195, 25.03-01.196
 Кулаков С.В. 25.03-01.100,
 25.03-01.143, 25.03-01.179,
 25.03-01.196, 25.03-01.198,
 25.03-01.203, 25.03-01.223
 Кумова Д.М. 25.03-01.356,
 25.03-01.357
 Купоросова И.С. 25.03-01.332
 Купрейчик М.И. 25.03-01.132,
 25.03-01.156, 25.03-01.163,
 25.03-01.165, 25.03-01.174,
 25.03-01.178, 25.03-01.197,
 25.03-01.208, 25.03-01.213,
 25.03-01.222
 Курбатов А.Н. 25.03-01.383
 Курилкина С.Н. 25.03-01.144,
 25.03-01.164, 25.03-01.179,

25.03-01.198, 25.03-01.223
 Курочкин В.Е. 25.03-01.115,
 25.03-01.116
 Куцов М.В. 25.03-01.65

Л

Лагарьков А.Н. 25.03-01.29
 Лагута М.В. 25.03-01.354,
 25.03-01.355
 Ладыкин Н.В. 25.03-01.34,
 25.03-01.49, 25.03-01.65,
 25.03-01.266
 Ларин В.П. 25.03-01.154,
 25.03-01.404
 Ларченкова Т.И. 25.03-01.435
 Лебедев А.В. 25.03-01.97
 Левин С.В. 25.03-01.358
 Левшаков С.А. 25.03-01.429
 Легуша Ф.Ф. 25.03-01.110
 Леонтьева А.В. 25.03-01.69
 Лепетков Д.Р. 25.03-01.35,
 25.03-01.38
 Лесных Т.О. 25.03-01.323
 Литвинов Д.А. 25.03-01.410
 Лихачёв С.Ф. 25.03-01.435
 Лобанов А.А. 25.03-01.14К
 Лобанов С.И. 25.03-01.225,
 25.03-01.230
 Лобастов С.А. 25.03-01.105
 Логачев В.В. 25.03-01.264
 Ложников А.О. 25.03-01.54
 Лонкин П.В. 25.03-01.89
 Лукаш В.Н. 25.03-01.428
 Лукьянченко А.А. 25.03-01.297
 Луньков А.А. 25.03-01.257,
 25.03-01.259, 25.03-01.268
 Лупадина М.А. 25.03-01.111
 Лутовинов А.А. 25.03-01.416
 Львов А.В. 25.03-01.289,
 25.03-01.331

М

Магдич Л.Н. 25.03-01.139,
 25.03-01.168
 Макаревич А.П. 25.03-01.196
 Макаров А.В. 25.03-01.401
 Макаров О.Ю. 25.03-01.190
 Малеханов А.И. 25.03-01.23
 Малов Г.С. 25.03-01.67
 Малова Т.И. 25.03-01.14К
 Манаков С.А. 25.03-01.97
 Манцевич С.Н. 25.03-01.132,
 25.03-01.139, 25.03-01.145,
 25.03-01.156, 25.03-01.165,
 25.03-01.168, 25.03-01.174,
 25.03-01.176, 25.03-01.178,
 25.03-01.180, 25.03-01.191,
 25.03-01.194, 25.03-01.197,
 25.03-01.207, 25.03-01.208,
 25.03-01.209, 25.03-01.211,
 25.03-01.213, 25.03-01.221,
 25.03-01.224
 Марунин М.В. 25.03-01.99,
 25.03-01.102, 25.03-01.103,
 25.03-01.166, 25.03-01.184
 Марченков А.Ю. 25.03-01.205
 Масленникова Н.А. 25.03-01.420
 Маслов Г.А. 25.03-01.323
 Матасова О.Ю. 25.03-01.330
 Матвеев В.А. 25.03-01.26
 Матвиенко Ю.В. 25.03-01.42,
 25.03-01.266, 25.03-01.299,
 25.03-01.343

Мачихин А.С. 25.03-01.183,
25.03-01.185, 25.03-01.367
Мереминский И.А. 25.03-01.416
Микита Г.И. 25.03-01.346,
25.03-01.348
Милехина О.Н. 25.03-01.359
Милич В.Н. 25.03-01.295
Мильков М.Г. 25.03-01.181,
25.03-01.187, 25.03-01.225,
25.03-01.230
Миронов С.А. 25.03-01.431
Миронюк И.Ю. 25.03-01.312
Митенков В.Б. 25.03-01.323
Михайлов Ю.Г. 25.03-01.108
Михайловский К.В. 25.03-01.85
Михеева Е.В. 25.03-01.428
Михралиева А.И. 25.03-01.351
Мищукова М.Е. 25.03-01.284,
25.03-01.285
Могильнер Л.Ю. 25.03-01.389
Моисеев А.В. 25.03-01.435
Мокрицкий Б.Я. 25.03-01.391
Молчанов В.Я. 25.03-01.149,
25.03-01.182, 25.03-01.190,
25.03-01.199
Мольков С.В. 25.03-01.416
Моргунов Ю.Н. 25.03-01.281
Морозов А.И. 25.03-01.200
Морозов А.П. 25.03-01.244,
25.03-01.400
Мороков Е.С. 25.03-01.76
Москалец О.Д. 25.03-01.160
Мурасов К.В. 25.03-01.146
Мурачиков К.Л. 25.03-01.241
Мусаев В.К.О. 25.03-01.337
Мусаева Р.Н. 25.03-01.368
Мусатова Н.К. 25.03-01.47,
25.03-01.313
Мухамадиев С.М. 25.03-01.407
Мухаметзянов А.Ф. 25.03-01.300
Мухаметов А.Б. 25.03-01.376
Мышинский Г.В. 25.03-01.408

Н

Нагибин Н.С. 25.03-01.322,
25.03-01.379
Надарейшвили Г.Г. 25.03-01.321
Назаренко П.А. 25.03-01.137
Назаренко Ю.В. 25.03-01.259
Назаров В.Е. 25.03-01.81
Накоряков П.В. 25.03-01.112
Нарайкин О.С. 25.03-01.26
Наседкин А.В. 25.03-01.63
Науменко Н.Ф. 25.03-01.189,
25.03-01.199
Нгуен Д.К. 25.03-01.327
Недоспасов И.А. 25.03-01.73
Неровный В.М. 25.03-01.392
Нерук В.Ю. 25.03-01.43, 25.03-01.44,
25.03-01.237
Нестеров В.А. 25.03-01.396
Нестеров Г.В. 25.03-01.227
Нестеров С.А. 25.03-01.232
Нечаев Д.И. 25.03-01.359
Никитенко А.А. 25.03-01.423
Никитин П.А. 25.03-01.201,
25.03-01.210, 25.03-01.226
Николаенко Т.В. 25.03-01.162
Никонов А.Г. 25.03-01.153
Новиков В.Ю. 25.03-01.325
Новиков Ю.В. 25.03-01.325
Норкин М.В. 25.03-01.88

О

Обыденная В.А. 25.03-01.284,
25.03-01.297
Обыденнов Д.В. 25.03-01.182
Овсенко К.Р. 25.03-01.254
Огородникова Е.А. 25.03-01.362
Одина Н.И. 25.03-01.76
Ожороков М.В. 25.03-01.36
Окунев А.Г. 25.03-01.331
Онниченко К.С. 25.03-01.245,
25.03-01.283
Орлов О.И. 25.03-01.29
Орошук И.М. 25.03-01.75
Остапив А.Ю. 25.03-01.242
Остриков Н.Н. 25.03-01.311
Островский Л.А. 25.03-01.24

П

Павлов Г.И. 25.03-01.112
Павлов И.С. 25.03-01.80
Павлова А.В. 25.03-01.46
Павлюченков Я.Н. 25.03-01.435
Пальчиковская Н.В. 25.03-01.50
Панкратов А.С. 25.03-01.393
Панов С.Н. 25.03-01.323
Панченко В.Я. 25.03-01.26,
25.03-01.29
Параскун А.С. 25.03-01.129
Пармон В.Н. 25.03-01.26
Пахомов С.А. 25.03-01.292
Пахомов Ю.В. 25.03-01.411
Пашко В.В. 25.03-01.58
Пентюхин Е.И. 25.03-01.72,
25.03-01.344, 25.03-01.345
Перегудов А.Н. 25.03-01.212
Переселков А.С. 25.03-01.49
Переселков С.А. 25.03-01.12К
Переселков С.А. 25.03-01.34,
25.03-01.42
Переселков С.А. 25.03-01.49
Переселков С.А. 25.03-01.65
Переселков С.А. 25.03-01.110
Переселков С.А. 25.03-01.261,
25.03-01.262, 25.03-01.263,
25.03-01.264
Переселков С.А. 25.03-01.266
Переселков С.А. 25.03-01.280,
25.03-01.282
Переселков С.А. 25.03-01.298,
25.03-01.299, 25.03-01.342
Переселков С.А. 25.03-01.343
Переселков С.А. 25.03-01.351
Перетокин А.В. 25.03-01.332
Петников В.Г. 25.03-01.23,
25.03-01.259, 25.03-01.268
Петров А.Г. 25.03-01.30
Петров П.Н. 25.03-01.202
Петрова Е.В. 25.03-01.433
Петросьянц В.В. 25.03-01.290
Пивнев П.П. 25.03-01.77, 25.03-01.91,
25.03-01.94, 25.03-01.237,
25.03-01.245, 25.03-01.256,
25.03-01.285, 25.03-01.286,
25.03-01.297
Пилипенко С.В. 25.03-01.427
Писарев С.В. 25.03-01.259
Писаревский Ю.В. 25.03-01.205,
25.03-01.367
Погребной А.Е. 25.03-01.277,
25.03-01.278
Подымова Н.Б. 25.03-01.384
Пожар В.Э. 25.03-01.157,
25.03-01.183, 25.03-01.200,
25.03-01.227

Полдушов М.А. 25.03-01.117
Поликарпова Н.В. 25.03-01.98,
25.03-01.99, 25.03-01.102,
25.03-01.103, 25.03-01.104,
25.03-01.147, 25.03-01.166,
25.03-01.167, 25.03-01.170,
25.03-01.184, 25.03-01.220
Половнев А.Л. 25.03-01.322,
25.03-01.379
Польщикова О.В. 25.03-01.215
Поляков А.Л. 25.03-01.406
Поляков М.П. 25.03-01.227,
25.03-01.228
Поляченко А.А. 25.03-01.330,
25.03-01.377
Попкова Е.С. 25.03-01.394
Попов А.В. 25.03-01.385
Попов А.Л. 25.03-01.57
Попов А.Н. 25.03-01.14К
Попов В.С. 25.03-01.372,
25.03-01.378
Попов Д.И. 25.03-01.340
Попов Ю.Г. 25.03-01.67
Попова Ю.А. 25.03-01.250
Порайко Н.К. 25.03-01.430
Постников Е.Б. 25.03-01.306
Постнов К.А. 25.03-01.418,
25.03-01.430
Потравное И.С. 25.03-01.417
Пресленев Л.Н. 25.03-01.143
Просовецкий Д.Ю. 25.03-01.42
Прууэл Э.Р. 25.03-01.309
Пупырёв П.Д. 25.03-01.73
Пучнин В.В. 25.03-01.14К
Пушкин С.Д. 25.03-01.379
Пширков М.С. 25.03-01.430
Пятакович В.А. 25.03-01.293

Р

Радин В.П. 25.03-01.66
Разгоняев В.К. 25.03-01.206,
25.03-01.219
Разрезова К.В. 25.03-01.110
Рахимов Р.Р. 25.03-01.371
Рахматов Р.И. 25.03-01.378
Рахно П.В. 25.03-01.276
Резник С.В. 25.03-01.83, 25.03-01.84,
25.03-01.85
Ремизов А.Л. 25.03-01.392,
25.03-01.393
Рзаев Н.С. 25.03-01.59
Римская-Корсакова Л.К. 25.03-01.334
Рогожников Е.В. 25.03-01.407
Родина Е.А. 25.03-01.362
Родионов А.А. 25.03-01.14К,
25.03-01.296, 25.03-01.331
Родионов М.А. 25.03-01.14К
Рожкова Н.А. 25.03-01.185
Романенков Д.А. 25.03-01.14К
Романова Г.Э. 25.03-01.193
Ропот А.П. 25.03-01.177,
25.03-01.195
Ропот П.И. 25.03-01.100,
25.03-01.140, 25.03-01.141,
25.03-01.161, 25.03-01.203,
25.03-01.214
Руденко О.В. 25.03-01.29, 25.03-01.82
Рудской А.И. 25.03-01.26
Рыбьянец П.В. 25.03-01.261,
25.03-01.262, 25.03-01.263,
25.03-01.298, 25.03-01.342
Рывкина Я.А. 25.03-01.193
Рыжов В.П. 25.03-01.276
Рябков В.Д. 25.03-01.379

Рябов Д.Р. 25.03-01.193
 Рябушкин О.А. 25.03-01.242
 Рябченко В.А. 25.03-01.14К

С

Сабиров Ф.С. 25.03-01.386
 Савельев А.Н. 25.03-01.401
 Савельев А.П. 25.03-01.320
 Савельев Н.В. 25.03-01.296
 Савина А.С. 25.03-01.71,
 25.03-01.344, 25.03-01.345
 Садовничий В.А. 25.03-01.26,
 25.03-01.27
 Сазонов С.В. 25.03-01.238
 Сайткулов В.Г. 25.03-01.387
 Салин Б.М. 25.03-01.270
 Салин М.Б. 25.03-01.270,
 25.03-01.289
 Самсонов В.А. 25.03-01.386
 Сарпова А.С. 25.03-01.107,
 25.03-01.134
 Сауров А.Н. 25.03-01.29
 Сахаров В.Л. 25.03-01.90
 Седов В.А. 25.03-01.21
 Седова Н.А. 25.03-01.21
 Семена А.Н. 25.03-01.416
 Семёнов А.П. 25.03-01.234
 Семенов В.Ю. 25.03-01.403
 Сергеев А.С. 25.03-01.251
 Сергеев Д.С. 25.03-01.251
 Сигов А.С. 25.03-01.29
 Сидоров Д.Д. 25.03-01.257,
 25.03-01.259, 25.03-01.268
 Сильченко О.К. 25.03-01.432
 Синицына Т.В. 25.03-01.55,
 25.03-01.120, 25.03-01.125,
 25.03-01.131, 25.03-01.135
 Ситников Д.В. 25.03-01.326
 Скобельцын С.А. 25.03-01.36
 Скорделов С.Д. 25.03-01.327,
 25.03-01.339
 Скрипилёв А.А. 25.03-01.391
 Славутский Л.А. 25.03-01.13К
 Слезкин Г.В. 25.03-01.406
 Слинёв Г.Д. 25.03-01.139,
 25.03-01.168, 25.03-01.209
 Слуцкий Д.С. 25.03-01.89,
 25.03-01.90
 Смирнов А.В. 25.03-01.73,
 25.03-01.217, 25.03-01.233,
 25.03-01.380
 Смирнов С.А. 25.03-01.39
 Собисевич А.В. 25.03-01.20
 Созинова П.С. 25.03-01.435
 Соколовская Ю.Г. 25.03-01.384
 Солдатов Г.В. 25.03-01.297
 Соловьев А.А. 25.03-01.414
 Сорокина Е.А. 25.03-01.109
 Ставрова К.Г. 25.03-01.14К
 Стадная Н.П. 25.03-01.343
 Староверова Я. 25.03-01.212
 Старостин В.И. 25.03-01.408
 Старченко И.Б. 25.03-01.90
 Степанова Л.Н. 25.03-01.383
 Стружкин М.Л. 25.03-01.362
 Стряпунин А.С. 25.03-01.61
 Стукало А.А. 25.03-01.335
 Субботин К.А. 25.03-01.211
 Сударев А.А. 25.03-01.215
 Сударев А.В. 25.03-01.390
 Сумбатьян М.А. 25.03-01.32,
 25.03-01.313, 25.03-01.329
 Сунцова И.В. 25.03-01.216
 Супин А.Я. 25.03-01.359

Супрунюк В.В. 25.03-01.397
 Суханов М.В. 25.03-01.229
 Сухарев А.А. 25.03-01.241
 Сучков А.Н. 25.03-01.75,
 25.03-01.294
 Сучкова Д.М. 25.03-01.333
 Сычев А.В. 25.03-01.322

Т

Тагильцев А.А. 25.03-01.281
 Тарабрин В.Ф. 25.03-01.254
 Тарасов С.П. 25.03-01.256,
 25.03-01.275, 25.03-01.285,
 25.03-01.286
 Тарлаковский Д.В. 25.03-01.70
 Татарников А.М. 25.03-01.420
 Тельминов О.А. 25.03-01.74
 Телятников И.С. 25.03-01.46
 Теляшов Д.А. 25.03-01.374
 Тепликов Е.В. 25.03-01.365
 Теплых А.А. 25.03-01.234
 Тепляков А.А. 25.03-01.387
 Теплякова А.В. 25.03-01.394
 Терентьев С.А. 25.03-01.396
 Терехова Е.С. 25.03-01.383
 Терещенко Н.В. 25.03-01.242
 Тимошенко В.И. 25.03-01.16,
 25.03-01.43, 25.03-01.111,
 25.03-01.364
 Титов С.А. 25.03-01.101,
 25.03-01.218, 25.03-01.247,
 25.03-01.398, 25.03-01.399
 Титова Т.В. 25.03-01.352
 Ткачев М.В. 25.03-01.427
 Ткаченко С.А. 25.03-01.42,
 25.03-01.65, 25.03-01.261,
 25.03-01.262, 25.03-01.263,
 25.03-01.280, 25.03-01.298,
 25.03-01.342, 25.03-01.343
 Токарев С.Ю. 25.03-01.323
 Томозова М.С. 25.03-01.359
 Топчиева А.П. 25.03-01.435
 Торгаш Т.Н. 25.03-01.173
 Третьяков И.В. 25.03-01.435
 Третьяков С.А. 25.03-01.180
 Троицкий С.В. 25.03-01.425
 Тронин И.В. 25.03-01.421
 Тугбаева А.С. 25.03-01.295
 Тулегенов А.Р. 25.03-01.169
 Тунян Н.Т. 25.03-01.358
 Тупов В.Б. 25.03-01.376
 Тыщук Ю.Н. 25.03-01.406
 Тюриков Е.В. 25.03-01.328
 Тюрин В.П. 25.03-01.370
 Тюрин Е.А. 25.03-01.229
 Тюркин А.А. 25.03-01.370

У

Унру П.П. 25.03-01.113, 25.03-01.114
 Устимов В.И. 25.03-01.169
 Устинов В.В. 25.03-01.29
 Ушаков В.М. 25.03-01.253,
 25.03-01.255

Ф

Фадеев А.С. 25.03-01.332,
 25.03-01.333
 Фадеев Ю.А. 25.03-01.412
 Фараносов Г.А. 25.03-01.30,
 25.03-01.312
 Фарафонов В.Г. 25.03-01.169
 Фардеев Л.И. 25.03-01.371

Фарфель В.А. 25.03-01.281
 Федоров А.В. 25.03-01.251
 Федоров И.Д. 25.03-01.119,
 25.03-01.152
 Федорова Н.В. 25.03-01.341
 Федосеев Г.С. 25.03-01.435
 Федотов М.Ю. 25.03-01.15К
 Филенко М.С. 25.03-01.292
 Фокина К.В. 25.03-01.51,
 25.03-01.138
 Фомин Д.В. 25.03-01.422
 Фоминых А.В. 25.03-01.402
 Форш П.А. 25.03-01.28
 Фурманов Д.В. 25.03-01.67

Х

Халаджан Е.А. 25.03-01.72,
 25.03-01.345, 25.03-01.347
 Халид В. 25.03-01.48
 Хамидулина А.К. 25.03-01.56
 Харитонов В.С. 25.03-01.32
 Хасанов И.Ш. 25.03-01.105,
 25.03-01.106
 Хворостов Ю.А. 25.03-01.266
 Хило Н.А. 25.03-01.140,
 25.03-01.158, 25.03-01.175,
 25.03-01.192, 25.03-01.203,
 25.03-01.204, 25.03-01.214,
 25.03-01.223
 Хило П.А. 25.03-01.158,
 25.03-01.175, 25.03-01.192,
 25.03-01.203, 25.03-01.204,
 25.03-01.214
 Ходина А.С. 25.03-01.314
 Хомутов А.С. 25.03-01.160,
 25.03-01.186
 Хоркин В.С. 25.03-01.148,
 25.03-01.170, 25.03-01.187,
 25.03-01.211, 25.03-01.225,
 25.03-01.229, 25.03-01.230
 Хорунжий Г.Д. 25.03-01.350
 Хохлов Д.Д. 25.03-01.205
 Хрулев А.М. 25.03-01.327
 Хуанг Ч. 25.03-01.398
 Худченко А.В. 25.03-01.435

Ц

Царев И.С. 25.03-01.69
 Цой В.Э. 25.03-01.66
 Цыганков С.С. 25.03-01.416

Ч

Чаликов Д.В. 25.03-01.14К,
 25.03-01.138
 Челюбеев Д.А. 25.03-01.57
 Черникова М.В. 25.03-01.329
 Чернов Н.Н. 25.03-01.52,
 25.03-01.111, 25.03-01.239,
 25.03-01.351, 25.03-01.353,
 25.03-01.354, 25.03-01.355,
 25.03-01.363, 25.03-01.388
 Чернова В.В. 25.03-01.383
 Чернышев А.В. 25.03-01.402
 Чернышев С.А. 25.03-01.316
 Чернышов Д.О. 25.03-01.415
 Чернявская М.В. 25.03-01.216
 Чиж И.К. 25.03-01.98, 25.03-01.104,
 25.03-01.184
 Чижиков А.И. 25.03-01.190
 Чиняев И.Р. 25.03-01.402
 Чирков В.П. 25.03-01.66
 Чмель А.Е. 25.03-01.86

Чоп Д.А. **25.03-01.283, 25.03-01.284,
25.03-01.297**
Чугайнова А.П. **25.03-01.78**
Чуриков Д.В. **25.03-01.106**

Ш

Шабарова А.В. **25.03-01.324**
Шакин О.В. **25.03-01.100,
25.03-01.141, 25.03-01.161,
25.03-01.162, 25.03-01.177,
25.03-01.188, 25.03-01.195,
25.03-01.196, 25.03-01.204**
Шалай В.В. **25.03-01.318,
25.03-01.326**
Шалунов А.В. **25.03-01.396**
Шамин Е.С. **25.03-01.74**
Шамраев С.С. **25.03-01.294**
Шаргатов В.А. **25.03-01.40,
25.03-01.78**
Шарикова М.О. **25.03-01.157,
25.03-01.367**
Шарков А.М. **25.03-01.14К**
Шаронова А.В. **25.03-01.420**

Шарфарец Б.П. **25.03-01.115,
25.03-01.116, 25.03-01.236**
Шатров М.Г. **25.03-01.61**
Шахворостова Н.Н. **25.03-01.435**
Шевалдыкин В.Г. **25.03-01.382**
Шевгунов Т.Я. **25.03-01.361**
Шевелько М.М. **25.03-01.212**
Шейнман И.Л. **25.03-01.155**
Ширнин С.А. **25.03-01.372**
Широков В.А. **25.03-01.295**
Ширяев В.С. **25.03-01.229**
Шкода И.В. **25.03-01.336**
Шкурупий В.А. **25.03-01.250**
Шмаков А.М. **25.03-01.249**
Шольгин И.О. **25.03-01.422**
Шостак С.В. **25.03-01.292**
Шугаров С.Ю. **25.03-01.417**
Шуляпов С.А. **25.03-01.334**
Шустов Б.М. **25.03-01.433**

Щ

Щербаков И.П. **25.03-01.86**
Щербатюк А.Ф. **25.03-01.299**
Щербина М.П. **25.03-01.433**

Щиголь Б.И. **25.03-01.346,
25.03-01.348**

Э

Экстер Н.М. **25.03-01.92**
Элиович Я.А. **25.03-01.205,
25.03-01.367**
Эпельбаум Л.В. **25.03-01.93**

Ю

Юдин А.С. **25.03-01.31**
Юдин С.И. **25.03-01.321**
Юшков К.Б. **25.03-01.149,
25.03-01.180, 25.03-01.182,
25.03-01.189, 25.03-01.190,
25.03-01.199**

Я

Яковенко А.Л. **25.03-01.61,
25.03-01.327, 25.03-01.339**
Яцких А.А. **25.03-01.304**

УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

Журналы

- Акустический журнал. 2025. 71, № 1 **25.03-01.22**,
25.03-01.23, **25.03-01.24**, **25.03-01.80**, **25.03-01.81**,
25.03-01.82, **25.03-01.87**, **25.03-01.96**, **25.03-01.97**,
25.03-01.268, **25.03-01.269**, **25.03-01.270**, **25.03-01.281**,
25.03-01.282, **25.03-01.296**, **25.03-01.331**, **25.03-01.349**
- Вестник Инженерной школы ДФУ. 2020, № 2 **25.03-01.113**,
25.03-01.114
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023,
№ 2 **25.03-01.391**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023,
№ 4 **25.03-01.392**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023,
№ 5 **25.03-01.83**, **25.03-01.393**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023,
№ 6 **25.03-01.84**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023,
№ 9 **25.03-01.85**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023,
№ 12 **25.03-01.401**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024,
№ 1 **25.03-01.66**, **25.03-01.402**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024,
№ 3 **25.03-01.389**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024,
№ 6 **25.03-01.390**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024,
№ 8 **25.03-01.325**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024,
№ 10 **25.03-01.326**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024,
№ 11 **25.03-01.314**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2024,
№ 12 **25.03-01.67**, **25.03-01.318**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2025,
№ 2 **25.03-01.68**
- Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2025,
№ 3 **25.03-01.69**
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2020, № 1
25.03-01.313
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2020, № 3
25.03-01.328
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2021, № 1
25.03-01.260
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2021, № 3
25.03-01.231
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2021, № 4
25.03-01.62
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2022, № 1
25.03-01.63
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2022, № 4-1
25.03-01.31, **25.03-01.46**, **25.03-01.232**
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2023, № 1
25.03-01.64
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2024, № 1
25.03-01.88
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2024, № 2
25.03-01.329
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2024, № 3
25.03-01.47
- Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский
регион. Серия: Естественные науки. 2025, № 1
25.03-01.32
- Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 5 **25.03-01.70**,
25.03-01.395
- Инженерно-физический журнал. 2024. 97, № 6 **25.03-01.421**
- Инженерно-физический журнал. 2025. 98, № 1 **25.03-01.50**,
25.03-01.300
- Инженерно-физический журнал. 2025. 98, № 2 **25.03-01.396**
- Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 12 **25.03-01.252**,
25.03-01.271, **25.03-01.381**
- Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 1 **25.03-01.253**,
25.03-01.382, **25.03-01.383**, **25.03-01.384**
- Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 2 **25.03-01.385**,
25.03-01.386, **25.03-01.387**
- Контроль. Диагностика. 2025. 28, № 3 **25.03-01.254**,
25.03-01.255
- Мор. гидрофиз. ж. 2023. 39, № 1 **25.03-01.278**
- Науч. приборостр. 2022. 32, № 4 **25.03-01.115**
- Науч. приборостр. 2023. 33, № 1 **25.03-01.116**
- Науч. приборостр. 2023. 33, № 3 **25.03-01.117**, **25.03-01.236**
- Науч. приборостр. 2023. 33, № 4 **25.03-01.237**
- Науч. приборостр. 2024. 34, № 2 **25.03-01.267**,
25.03-01.287, **25.03-01.422**
- Науч. приборостр. 2024. 34, № 3 **25.03-01.288**,
25.03-01.289, **25.03-01.290**
- Науч. приборостр. 2024. 34, № 4 **25.03-01.291**
- Оптика и спектроскопия. 2025. 133, № 1 **25.03-01.242**
- Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 9 **25.03-01.410**,
25.03-01.411, **25.03-01.412**, **25.03-01.413**, **25.03-01.414**
- Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 10 **25.03-01.415**,
25.03-01.416, **25.03-01.417**, **25.03-01.418**, **25.03-01.419**,
25.03-01.420
- Письма в ЖЭТФ. 2024. 120, № 9 **25.03-01.109**,
25.03-01.424
- Письма в ЖЭТФ. 2024. 120, № 11 **25.03-01.423**
- Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 3 **25.03-01.425**
- Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 4 **25.03-01.426**
- Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 5 **25.03-01.427**
- Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 6 **25.03-01.76**,
25.03-01.238, **25.03-01.428**
- Письма в ЖЭТФ. 2025. 121, № 8 **25.03-01.429**
- Приборы. 2024, № 10 **25.03-01.248**, **25.03-01.249**
- Приборы. 2025, № 1 **25.03-01.250**, **25.03-01.340**
- Приборы. 2025, № 2 **25.03-01.251**
- Радиотехника. 2025. 89, № 1 **25.03-01.361**
- Радиотехника. 2025. 89, № 2 **25.03-01.21**, **25.03-01.403**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2020. 12, № 4 **25.03-01.280**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2021. 13, № 2 **25.03-01.18**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2022. 14, № 1 **25.03-01.19**, **25.03-01.42**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2022. 14, № 2 **25.03-01.261**, **25.03-01.337**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2022. 14, № 3 **25.03-01.262**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2023. 15, № 2 **25.03-01.108**, **25.03-01.343**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2023. 15, № 3 **25.03-01.65**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2023. 15, № 4 **25.03-01.34**, **25.03-01.406**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2024. 16, № 1 **25.03-01.298**, **25.03-01.407**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2024. 16, № 2 **25.03-01.48**, **25.03-01.73**,
25.03-01.110, **25.03-01.299**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные
технологии. 2024. 16, № 3 **25.03-01.74**, **25.03-01.342**,

25.03-01.351, 25.03-01.408
 Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. 16, № 4 **25.03-01.233, 25.03-01.234, 25.03-01.263, 25.03-01.264**
 Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. 16, № 7 **25.03-01.235, 25.03-01.265, 25.03-01.409**
 Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2024. 16, № 8 **25.03-01.49**
 Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. 17, № 1 **25.03-01.266**
 Сенсорные системы. 2025. 38, № 1 **25.03-01.350, 25.03-01.358, 25.03-01.359, 25.03-01.360, 25.03-01.362**

УФН. 2025. 195, № 2 **25.03-01.25, 25.03-01.26, 25.03-01.430, 25.03-01.431, 25.03-01.432**
 УФН. 2025. 195, № 3 **25.03-01.435**
 УФН. 2025. 195, № 4 **25.03-01.27, 25.03-01.28, 25.03-01.29, 25.03-01.433, 25.03-01.434**
 Физика горения и взрыва. 2025. 61, № 5 **25.03-01.305, 25.03-01.308, 25.03-01.309**
 Физика твердого тела. 2025. 67, № 2 **25.03-01.86, 25.03-01.241**
 Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2025. 18, № 1 **25.03-01.20, 25.03-01.51, 25.03-01.138, 25.03-01.302**
 Химическая физика и мезоскопия. 2025. 27, № 1 **25.03-01.295, 25.03-01.341**

Конференции и сборники

Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04—06 декабря 2023 года. Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024 **25.03-01.33, 25.03-01.35, 25.03-01.36, 25.03-01.37, 25.03-01.39, 25.03-01.45, 25.03-01.57, 25.03-01.58, 25.03-01.59, 25.03-01.306, 25.03-01.338**

Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024 **25.03-01.17, 25.03-01.30, 25.03-01.38, 25.03-01.41, 25.03-01.61, 25.03-01.71, 25.03-01.72, 25.03-01.79, 25.03-01.112, 25.03-01.212, 25.03-01.240, 25.03-01.243, 25.03-01.257, 25.03-01.258, 25.03-01.259, 25.03-01.301, 25.03-01.311, 25.03-01.312, 25.03-01.317, 25.03-01.320, 25.03-01.321, 25.03-01.322, 25.03-01.323, 25.03-01.324, 25.03-01.327, 25.03-01.330, 25.03-01.332, 25.03-01.333, 25.03-01.334, 25.03-01.335, 25.03-01.336, 25.03-01.339, 25.03-01.344, 25.03-01.345, 25.03-01.346, 25.03-01.347, 25.03-01.348, 25.03-01.368, 25.03-01.369, 25.03-01.370, 25.03-01.371, 25.03-01.372, 25.03-01.373, 25.03-01.374, 25.03-01.375, 25.03-01.376, 25.03-01.377, 25.03-01.378, 25.03-01.379, 25.03-01.394, 25.03-01.397**

Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020 **25.03-01.118, 25.03-01.119, 25.03-01.156, 25.03-01.157, 25.03-01.158, 25.03-01.159, 25.03-01.160, 25.03-01.161, 25.03-01.162, 25.03-01.163, 25.03-01.164, 25.03-01.165, 25.03-01.166, 25.03-01.167, 25.03-01.168, 25.03-01.169, 25.03-01.170, 25.03-01.171, 25.03-01.172, 25.03-01.173**

Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019 **25.03-01.53, 25.03-01.54, 25.03-01.55, 25.03-01.139, 25.03-01.140, 25.03-01.141, 25.03-01.142, 25.03-01.143, 25.03-01.144, 25.03-01.145, 25.03-01.146, 25.03-01.147, 25.03-01.148, 25.03-01.149, 25.03-01.150, 25.03-01.151, 25.03-01.152, 25.03-01.153, 25.03-01.154, 25.03-01.155**

Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024 **25.03-01.100, 25.03-01.101, 25.03-01.107, 25.03-01.135, 25.03-01.136, 25.03-01.137, 25.03-01.213, 25.03-01.214, 25.03-01.215, 25.03-01.216, 25.03-01.217, 25.03-01.218, 25.03-01.219, 25.03-01.220, 25.03-01.221, 25.03-01.222, 25.03-01.223, 25.03-01.224, 25.03-01.225, 25.03-01.226, 25.03-01.227, 25.03-01.228, 25.03-01.229, 25.03-01.230, 25.03-01.380, 25.03-01.399**

Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский

государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023 **25.03-01.98, 25.03-01.99, 25.03-01.106, 25.03-01.131, 25.03-01.132, 25.03-01.133, 25.03-01.134, 25.03-01.203, 25.03-01.204, 25.03-01.205, 25.03-01.206, 25.03-01.207, 25.03-01.208, 25.03-01.209, 25.03-01.210, 25.03-01.211**

Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022 **25.03-01.103, 25.03-01.104, 25.03-01.105, 25.03-01.125, 25.03-01.126, 25.03-01.127, 25.03-01.128, 25.03-01.129, 25.03-01.130, 25.03-01.190, 25.03-01.191, 25.03-01.192, 25.03-01.193, 25.03-01.194, 25.03-01.195, 25.03-01.196, 25.03-01.197, 25.03-01.198, 25.03-01.199, 25.03-01.200, 25.03-01.201, 25.03-01.202, 25.03-01.247, 25.03-01.367, 25.03-01.398**

Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021 **25.03-01.102, 25.03-01.120, 25.03-01.121, 25.03-01.122, 25.03-01.123, 25.03-01.124, 25.03-01.174, 25.03-01.175, 25.03-01.176, 25.03-01.177, 25.03-01.178, 25.03-01.179, 25.03-01.180, 25.03-01.181, 25.03-01.182, 25.03-01.183, 25.03-01.184, 25.03-01.185, 25.03-01.186, 25.03-01.187, 25.03-01.188, 25.03-01.189, 25.03-01.246, 25.03-01.365, 25.03-01.366, 25.03-01.404**

Моря России: от теории к практике океанологических исследований = Seas of Russia: From theory to practice of oceanological research; тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Севастополь, 25—29 сентября 2023 г. Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ. 2023 **25.03-01.277**

Моря России: от теории к практике океанологических исследований = Seas of Russia: Перспективы использования инновационных технологий и разработок продукции военного и двойного назначения в интересах ВМФ. Владивосток, 23—25 мая 2024 года. Материалы VI Тихоокеанской научно-практической конференции. Владивосток: Тихоокеанское высшее военно-морское училище им. С.О. Макарова. 2024 **25.03-01.75, 25.03-01.292, 25.03-01.293, 25.03-01.294**

Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015 **25.03-01.16, 25.03-01.43, 25.03-01.44, 25.03-01.52, 25.03-01.56, 25.03-01.77, 25.03-01.89, 25.03-01.90, 25.03-01.91, 25.03-01.94, 25.03-01.111, 25.03-01.239, 25.03-01.244, 25.03-01.245, 25.03-01.256, 25.03-01.272, 25.03-01.273, 25.03-01.274, 25.03-01.275, 25.03-01.276, 25.03-01.283, 25.03-01.284, 25.03-01.285, 25.03-01.286, 25.03-01.297, 25.03-01.303, 25.03-01.352, 25.03-01.353, 25.03-01.354, 25.03-01.355, 25.03-01.356, 25.03-01.357, 25.03-01.363, 25.03-01.364, 25.03-01.388, 25.03-01.400**

Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18—24 февраля 2024 года.

М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024
25.03-01.40, 25.03-01.60, 25.03-01.78, 25.03-01.92,

**25.03-01.93, 25.03-01.95, 25.03-01.279, 25.03-01.304,
25.03-01.307, 25.03-01.310, 25.03-01.315, 25.03-01.316,
25.03-01.319, 25.03-01.405**

Книги

- Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики. Воронеж, 04—06 декабря 2023 года. Воронеж: Научно-исследовательские публикации. 2024
25.03-01.8К
- Акустика среды обитания. Сборник трудов Девятой Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов (АСО-2024). Москва, 23—24 мая 2024 г. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2024 **25.03-01.10К**
- Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 01—05 июня 2020 года. Сборник статей XXIII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2020
25.03-01.3К
- Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2019 года. Сборник статей XXII Международной научной конференции. В 2-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2019
25.03-01.2К
- Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 03—07 июня 2024 года. Материалы XXVII Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2024 **25.03-01.11К**
- Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 29 мая — 02 июня 2023 года. Сборник статей XXVI Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 3. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2023 **25.03-01.7К**
- Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 30 мая — 03 июня 2022 года. Сборник статей XXV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2022 **25.03-01.5К**
- Волновая электроника и инфокоммуникационные системы. Санкт-Петербург, 31 мая — 04 июня 2021 года. Сборник статей XXIV Международной научной конференции. В 3-х частях. Часть 1. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения. 2021 **25.03-01.4К**
- Голографическая обработка широкополосных гидроакустических сигналов в неоднородных океанических волноводах. 2024 **25.03-01.12К**
- Корреляционная обработка импульсных сигналов в задачах ультразвукового контроля. Чебоксары: Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева. 2024 **25.03-01.13К**
- Методы и средства оптического контроля полимерных композитных материалов и конструкций волоконно-оптическими датчиками. М.: Издательский дом «СПЕКТР». 2024 **25.03-01.15К**
- Моря России: от теории к практике океанологических исследований = Seas of Russia: From theory to practice of oceanological research: тезисы докладов Всероссийской научной конференции, Севастополь, 25—29 сентября 2023 г. Севастополь: ФГБУН ФИЦ МГИ. 2023 **25.03-01.6К**
- Нелинейная акустика-50. Научно-практическая конференция "Нелинейная акустика-50 Таганрог, 17 декабря 2015 г. Сборник трудов. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет. 2015 **25.03-01.1К**
- Нелинейные задачи теории гидродинамической устойчивости и турбулентность. Звенигород, 18—24 февраля 2024 года. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Издательский Дом (типография). 2024 **25.03-01.9К**
- Российская академия наук в 300-летней истории становления гидрофизики и океанологии в Санкт-Петербурге—Ленинграде. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2024 **25.03-01.14К**

СОДЕРЖАНИЕ

Библиография	25.03-01.1
Персоналии	25.03-01.16
Классические проблемы линейной акустики и теории волн	25.03-01.30
Нелинейная акустика	25.03-01.76
Физическая акустика	25.03-01.96
Акустика океана, гидроакустика	25.03-01.256
Атмосферная и аэроакустика	25.03-01.300
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика	25.03-01.318
Акустическая экология; Шумы и вибрации	25.03-01.320
Акустика помещений; Музыкальная акустика	25.03-01.332
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование	25.03-01.338
Акустика живых систем; Биологическая акустика	25.03-01.344
Физические основы технической акустики	25.03-01.363
Акустика в медицинской практике	25.03-01.398
Акустика в инженерном деле	25.03-01.400
Физика	25.03-01.404
Астрономия	25.03-01.405
Авторский указатель Указатель источников	