

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.

№ 05
Москва 2025

Выходит 6 раз в год

Библиография

25.05-01.1К Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013

В сборнике в двух томах публикуются материалы докладов третьей молодежной школы семинара по проблемам тектонофизики. В первом томе сборника публикуются статьи молодых участников школы, а во втором — статьи докладов-лекций. Большая часть статей, представляющих доклады-лекции, являются методическими, их следует рассматривать как теоретическую основу необходимую для современных тектонофизических исследований. В статьях молодых участников школы отражены результаты новых региональных тектонофизических исследований.

25.05-01.2К Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021. ISBN 978-5-91161-051-7

В сборнике опубликованы материалы, представленные на Всероссийскую конференцию с международным участием «Актуальные проблемы метода акустической эмиссии», посвященные вопросам явления акустической эмиссии при пластической деформации и разрушении различных материалов; методическим вопросам регистрации и обработки акустико-эмиссионной информации; неразрушающему контролю ответственных конструкций и их элементов с помощью метода акустической эмиссии; нормативной документации и подготовке специалистов в области метода акустической эмиссии.

Персоналии

25.05-01.3 Главные достижения полевой тектонофизики за 60 лет (1953—2013). Сим Л.А., Маринин А.В. *Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2.* М.: ИФЗ. 2013, с. 113-131. Рус.

Первая публикация о реконструкции тектонических напряжений по геологическим индикаторам была опубликована М.В. Гзовским в 1954 г., но работать над этой проблемой он, безусловно, начал раньше. Статья поступила в редакцию 24 августа 1953 г., поэтому смело можно считать, что полевой тектонофизике в 2013 г. исполняется уже 60 лет. Основными достижениями полевой тектонофизики за прошедший период являются как существенное расширение комплекса методов, основанных на анализе разнообразных мелких структурных форм — индикаторов тектонических напряжений, так и исследование механизмов формирования тектонических структур различного масштаба, а также проведение регионального изучения напряженного состояния почти всей территории России, стран СНГ и на многих участках в Западной Европе и других странах. Было показано, что в геологической среде, прошедшей неоднократное деформирование, при реализации перемещений по ослабленным поверхностям фиксируются вектора перемещений на плоскостях, отклоняющихся от теоретических и модельных представлений за счет неоднородности свойств среды; разработана гипотеза закономерной смены фаз в едином цикле, основанная на переиндексации осей главных нормальных

напряжений в процессе непрерывного деформирования. Большое значение приобрели полевые тектонофизические исследования в решении практических задач: разработаны критерии прогноза мест локализации рудных и нерудных полезных ископаемых, прогноз локальных секторов растяжения, важных для прогноза повышенной проницаемостью на месторождениях углеводородов и прогноза участков с развитием неблагоприятных современных процессов. Полевые тектонофизические исследования широко применяются при выборе мест под строительство крупных гражданских сооружений. В последние годы в ИФЗ РАН возобновлено проведение Всероссийских тектонофизических конференций (2008, 2012 гг.) и организованы регулярные молодежные тектонофизические школы-семинары (2009, 2011, 2013 гг.). На первой организованной в постсоветское время тектонофизической конференции (2008 г.) приняли участие тектонофизики стран ближнего и дальнего зарубежья, в том числе известный европейский ученый тектонофизик, профессор Ж. Анжелель (1947—2010 гг.), по методикам которого работает сегодня большинство полевых тектонофизиков за рубежом. Эти важные события дали возможность краткого обобщения основных результатов полевых тектонофизических исследований, достигнутых за истекший период.

25.05-01.4 О биосферной космологии В. И. Вернадского. Аксенов Г.П. *Природа.* 2025, № 2, с. 37-45. Рус.

В отечественной истории науки существует концепция косми-

ческого смысла биосферы академика В. И. Вернадского. Сама по себе биогеохимия как дисциплина, описывающая земную биосферу, хорошо известна и у нас в стране, и за рубежом, но ее космическое или астрономическое значение до сих пор не признается, причем отнюдь не в результате обсуждения и критики. Жизнь как таковая считается в современной картине мира явлением местным, случайным.

25.05-01.5 Векторный лапласиан в сферических координатах: об одной неисправленной опечатке в “Гидродинамике” Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица (Замечание по поводу статьи “Лебедев-Степанов П.В., Руденко О.В. Акусто-микро-флюидика: капиллярные волны и вихревые течения в сферической жидкой капле // Акуст. журн. 2016. Т. 62. № 4. С. 408-411”). Лебедев-Степанов П.В. Акустический журнал. 2025. 71, № 4, с. 617-622. Рус.

Задачи акустической физики, описывающие распространение акустических воздействий или связанных с ними течений, опираются на уравнения гидроаэромеханики, в частности, на уравнения Навье—Стокса, содержащие векторный лапласиан скорости движения жидкой или газообразной среды. При этом одной из наиболее употребительных систем координат является сферическая. В заметке рассмотрена тиражирующаяся вплоть до 6-го исправленного издания 2021 г. принципиальная опечатка в “Гидродинамике” Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица (Курс теоретической физики, том VI), которая попала также в английскую версию Курса издательства Пергамон. Она касается уравнения Навье—Стокса в сферических координатах (15.21), описывающего r -компоненту векторного лапласиана. Опечатка мигрирует во вторичные публикации и может осложнить

теоретические исследования, связанные с применением уравнений Навье—Стокса. Подробно выводится r -компонента векторного лапласиана из общих принципов, чтобы показать, как должно выглядеть соответствующее уравнение Навье—Стокса, и что опечатка действительно присутствует. Кроме того, предлагаются более компактные эквивалентные формы уравнений Навье—Стокса в сферических координатах.

25.05-01.6 История Института физических проблем им. П.Л. Капицы Российской академии наук. Трояновский А.М. УФН. 2025. 195, № 7, с. 748-758. Рус.

Создание Института физических проблем — уникальный проект Советского правительства, он создавался для научной работы Петра Леонидовича Капицы. В статье представлена история Института физических проблем им. П.Л. Капицы Российской академии наук от его создания в 1934 году до настоящего времени. Описано, как институт менялся с изменениями в стране, каки за годы его существования менялась структура, задачи и тематика работ института. Приведены наиболее выдающиеся работы сотрудников института, описано настоящее состояние института и направление его деятельности. Ключевые слова: Пётр Капица, Институт физических проблем, Лев Ландау, физика низких температур, сверхтекучесть, сжижение газов, история физики в СССР.

25.05-01.7 Памяти Михаила Израилевича Рабиновича. Анохин К.В., Арансон И.С., Кочаровский В.В., Кузнецов Е.А., Литвак А.Г., Малезанов А.И., Некоркин В.И., Пиковский А.С., Руденко О.В., Сергеев А.М., Фейгин А.М., Цимринг Л.Ш. УФН. 2025. 195, № 7, с. 791-792. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2025.06.039954>.

Классические проблемы линейной акустики и теории волн

Математическая теория распространения волн

25.05-01.8 Динамические уравнения распространения акустических волн в предварительно деформированных материалах. Маркин А.А., Соколова М.Ю. Механика твёрдого тела. 2024, № 2, с. 166-182. Рус.

Рассмотрены два подхода к получению динамических уравнений распространения малых возмущений перемещений, основанные на использовании моделей гиперупругих и гипопругих материалов. Показано, что эти уравнения взаимосвязаны. Для случая плоской монохроматической волны получены выражения акустических тензоров. Проведен сравнительный анализ влияния предварительных деформаций на скорости распространения акустических волн в изотропных и анизотропных материалах. Выявлены эффекты, которые могут быть описаны только в рамках модели гипопругой среды.

25.05-01.9 Разрушение решения и глобальная разрешимость задачи Коши для уравнения, моделирующего распространение продольных волн деформации в нелинейно-упругом стержне. Умаров Х.Г. Сибирский математический журнал. 2025. 66, № 2, с. 316-329. Рус.

Для нелинейного дисперсионно-диссипативного дифференциального уравнения в частных производных соболевского типа, моделирующего распространение продольных волн деформации в нелинейно-упругом стержне, исследуется задача Коши в пространстве непрерывных функций, заданных на всей числовой оси, для которых существуют пределы на бесконечности. Рассмотрены условия существования глобального решения и разрушения решения задачи Коши на конечном временном отрезке. Ключевые слова: продольные волны деформации в нелинейно-упругом стержне, нелинейное уравнение соболевского типа, глобальное решение, разрушение решения.

25.05-01.10 Влияние величин коэффициентов Пуассона на процесс распространения упругих продольных волн в изотропных материалах. Кривошеина М.Н., Туч Е.В. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2024. 30,

№ 2, с. 153-166. Рус.

DOI: 10.33113/mkmk.ras.2024.30.02.02 В работе рассмотрено влияние экстремальных значений коэффициента Пуассона материала на процесс распространения упругих продольных волн и переход кинетической энергии в потенциальную и обратно в процессе удара о жесткую стенку цилиндров — от пластинчатой до стержневой форм при непрерывном изменении формфакторов. Показана зависимость интегральных характеристик процесса деформирования от коэффициента Пуассона материала у цилиндров различных геометрий и шаров. Моделирование ударного нагружения цилиндров по жесткой стенке выполнено с помощью динамического метода конечных элементов тетраэдральной формы в трехмерной постановке. Показана связь коэффициентов Пуассона с коэффициентами восстановления скорости цилиндров после удара тела о жесткую стенку и механизм существенного уменьшения коэффициентов восстановления скорости. При этом уменьшение коэффициентов восстановления скорости цилиндров после упругого удара о стенку не связано с потерями от выделения тепла, сопротивлением воздуха и малой пластической деформацией, так как они не учитываются в математической модели. Показаны принципиальные отличия процессов ударного нагружения цилиндров компактных форм и шаров, имеющих такой же диаметр. Целью работы было выявление формфакторов, чувствительных к экстремальным значениям коэффициентов Пуассона, определяющих переход кинетической энергии в потенциальную и обратно в процессе удара, а также на изменения волновых картин деформирования при ударном нагружении. Показано, что для изотропных материалов значения коэффициентов Пуассона определяют необходимость учета формфакторов и величины диапазонов формфакторов, в которых наблюдаются уменьшения коэффициентов восстановления скорости, а также невозможно устойчивое определение скоростей распространения упругих продольных волн или волн Похгаммера.

25.05-01.11 Распространение упругих волн в анизотропных акустических материалах. Кривошеина М.Н., Туч Е.В. Мех. композиц. матер. и конструкций. 2024. 30, № 3, с. 292-304. Рус.

DOI: 10.33113/mkkm.ras.2024.30.03.01 Значения скоростей распространения упругих волн в изотропных и анизотропных материалах в значительной мере определяют время процесса упругопластического деформирования и разрушения твердых тел в условиях ударного нагружения. Рассмотрены особенности распространения упругих волн в элементах из анизотропных материалов-ауксетиков, характеризующихся отрицательными значениями коэффициентов Пуассона. В анизотропных материалах скорости распространения упругих волн зависят от направления, при наличии отрицательных значений коэффициентов Пуассона в сплошных твердых телах в перпендикулярных направлениях имеются значения коэффициентов Пуассона, намного превышающие предельные 0.5. Методом конечных элементов в динамической постановке моделируется ударное нагружение пластин, цилиндров компактных форм и тонких цилиндров из монокристаллического цинка о жесткую стенку в трехмерной постановке. Моделирование деформирования тел проведено с использованием конечных элементов в форме тетраэдров, традиционно используемых в задачах бронепробитости. Показаны особенности процессов распространения упругих волн в телах от тонких цилиндров до тонких стержней при непрерывном изменении формфакторов, определяемых отношением высоты цилиндра к его диаметру. Рассмотрен вопрос влияния знака коэффициента Пуассона в анизотропном материале на коэффициенты восстановления скорости удара тела о жесткую стенку. Проведены параметрические исследования влияния абсолютной величины отрицательного значения коэффициента Пуассона на коэффициент восстановления скорости после удара о жесткую стенку. Показано отличие процессов распространения волн при изменении осей симметрии монокристалла цинка относительно осей симметрии цилиндров. Для минимизации количества характеристик, влияющих на процесс распространения продольных волн, удобно проводить исследование на анизотропных материалах, т.к. плотность не варьируется, варьируемы только модули Юнга и коэффициенты Пуассона. Показано, что скорость распространения продольной волны зависит от одной пары коэффициентов Пуассона, измеряемых в плоскости, перпендикулярной направлению распространения, а деформирование в этой плоскости определяется другой парой коэффициентов Пуассона, что важно для ауксетичных материалов.

25.05-01.12 Асимптотическая оценка трехмерных интегралов с особенностями в приложении к волновым явлениям. Шанин А.В., Лаптев А.Ю. Акустический журнал. 2025. 71, № 4, с. 504-520. Рус.

Рассматривается трехмерный интеграл типа Фурье, в экспоненциальном множителе которого стоит произведение некоторой фазовой функции и большого параметра. Ищется асимптотика этого интеграла при стремлении большого параметра к бесконечности. В одномерном случае асимптотика такого интеграла строится по точкам стационарной фазы и сингулярностям подынтегральной функции. Трехмерный случай оказывается более сложным: вклад в асимптотику могут давать такие особые точки, как точки стационарной фазы в пространстве, на сингулярности, на пересечении сингулярностей, точки тройного пересечения сингулярностей, а также конические точки сингулярностей. Для всех этих типов особых точек построены топологические условия существования ненулевых асимптотик и выведены сами асимптотики. Предлагаемая техника опробована на примере классической задачи о волнах Кельвина на поверхности глубокой жидкости за буксируемым телом.

Отражение, дифракция и рефракция волн

25.05-01.13 Асимптотические методы решения задачи Стокса для плоского контура. Афанасов Е.Н., Кадыров С.Г., Сорокин В.Н. Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н. 2024. 17, № 3, с. 118-133. Рус.

Излагаются асимптотические методы решения задачи о малых гармонических колебаниях плоского контура, погруженного в несжимаемую вязкую жидкость. В случае больших значений безразмерного параметра вязкости получены асимптотические формулы вплоть до третьего порядка. В случае ма-

лых значений этого параметра построен главный член асимптотики гидродинамической силы на произвольном гладком контуре и доказано, что его вид не зависит от формы контура. Полученные результаты подтверждены примером задачи о колебаниях эллиптического цилиндра.

Упругие волны в твердых телах

25.05-01.14 Нелинейные акустические волны в гиперупругих стержнях. Кузнецов С.В., Саиян С.Г. Механика твердого тела. 2025, № 2, с. 210-225. Рус.

Возбуждение гармонической волны в полубесконечном несжимаемом гиперупругом одномерном стержне на основе уравнения состояния Муни—Ривлина показывает образование и распространение фронтов ударных волн, возникающих между более быстрыми и более медленными частями первоначально гармонической волны. Наблюдаемые фронты ударных волн приводят к поглощению медленно движущихся частей более быстрыми, что ведет к затуханию кинетической и упругой энергии деформаций с соответствующим выделением тепла. Установлено, что на достаточном расстоянии от края стержня вследствие затухания механической энергии возникает акустическая черная дыра. Геометрически и физически нелинейные уравнения движения решаются явной схемой численного интегрирования Лакса—Вендроффа в сочетании с методом конечных элементов для пространственной дискретизации.

25.05-01.15 Законы изменения энергии и импульса для двумерных упругих систем с движущимися объектами. Ерофеев В.И., Лисенкова Е.Е. Акустический журнал. 2025. 71, № 3, с. 327-338. Рус.

Рассматривается самосогласованная задача о динамическом поведении деформируемой системы, состоящей из двумерной упругой направляющей (подсистема 1) и безотрывно движущегося по ней одномерного упругого объекта (подсистема 2). Приводятся локальные и глобальные законы изменения энергии и волнового импульса в случае, когда лагранжианы контактирующих подсистем зависят от обобщенных координат и их производных не старше второго порядка по всем пространственным переменным. Обсуждаются условия излучения в рассматриваемом классе систем. Проводится сравнительный анализ как дисперсионных, так и энергетических характеристик изгибных волн, распространяющихся в пластинах, описываемых двумя различными моделями. Найден критический скорости движения постоянной нагрузки по этим пластинам. Установлена зависимость критических скоростей от коэффициента жесткости упругого основания и физико-механических свойств пластины. Продемонстрирована принципиальная возможность преобразования энергии колебаний двумерной упругой направляющей в энергию поступательного движения одномерного объекта. В качестве посредника такого преобразования выступает сила, обусловленная давлением волн, выражение для которой получено в универсальной форме через лагранжиан двумерной системы. Построена зависимость коэффициента преобразования энергии волн в энергию поступательного движения абсолютно жесткого закрепления от скорости его движения и параметров двумерной системы.

25.05-01.16 Высокодобротные STW-резонаторы. методы расчета и применение в автогенераторах. Койгоров А.С., Реут В.Р. Акустический журнал. 2025. 71, № 3, с. 372-382. Рус.

Представлены результаты разработки высокодобротных резонаторов на сдвиговых поверхностных волнах или STW (Surface Transverse Waves). Показано, что за счет применения современных вычислительных пакетов (COMSOL Multiphysics), а также усовершенствования и развития уже известных методов расчета (модифицированная модель связанных мод), можно эффективно и быстро проводить расчет устройств на поверхностных акустических волнах. Приведены результаты сравнения теоретической и экспериментальной характеристик коэффициента передачи двухпортового STW-резонатора. Показано, что на основе оптической литографии можно изготавливать высокодобротные резонаторы на частотах 0.5—2.5 ГГц. Типовые значения ненагруженной добротности резонаторов на частоте 500 МГц составляют 27000—29000. Представлены результаты измерений

двухпортового STW-резонатора в составе макета маломощного автогенератора на частоту 500 МГц, которые показывают фазовый шум на уровне -148.7 дБн/Гц при отстройке 1 кГц и -183.5 дБн/Гц при отстройке 1 МГц от несущей частоты, а также джиттер 2.8 фс. Генераторы на STW-резонаторах с низким уровнем фазовых шумов и малым значением джиттера могут быть востребованы в таких областях, где критически необходимо обеспечить максимальный динамический диапазон цифровых трактов обработки сигналов.

25.05-01.17 Чувствительность амплитуды волны рэлеевского типа на поверхности к изменению параметров неоднородной среды. Жостков Р.А., Жарков Д.А. Акустический журнал. 2025. 71, № 3, с. 438-448. Рус.

Рассмотрена чувствительность амплитуды вертикальной компоненты смещений поверхностной акустической волны на поверхности среды к изменению упругих параметров слоистого полупространства с плавным изменением его упругих параметров по горизонтали. Проанализированы случаи перехода волны из однослойной системы в однослойную и из многослойной в многослойную на примере пятислойной системы при независимом изменении скоростей продольных и поперечных волн в слоях. Показано, что свойства опорной среды влияют на результирующие зависимости относительной амплитуды от частоты. Чувствительность амплитуды волны к локальному изменению параметров в многослойной системе существенно изменяется в зависимости от частоты. В случае постоянного коэффициента Пуассона продемонстрирован механизм изменения амплитуды на поверхности на основе анализа профиля поверхностной волны.

Отражение, дифракция, рассеяние упругих волн

25.05-01.18 Оценка параметров модели подводного аппарата на основе расчета характеристик рассеяния нестационарного сигнала. Ильменков С.Л., Переселков С.А. Радиозлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. 17, № 2, с. 221-228. Рус.

Получены результаты численного решения задачи рассеяния нестационарного звукового сигнала на конечной изотропной цилиндрической оболочке, находящейся в безграничной жидкой среде. Оболочка имеет полусферические оконечности и рассматривается в качестве модели корпуса необитаемого подводного аппарата. Рассмотрены падающие импульсы с прямоугольной огибающей и частотно-модулированные импульсные сигналы при различных углах локации модели. Решение задачи включает разложение Фурье-изображений давлений и потенциалов материала оболочки в ряды по собственным функциям уравнения Гельмгольца для данной формы поверхности. По спектру рассеянного сигнала в полосе частот отыскивается форма и длительность рассеянного импульса. Для расчета последних использованы значения угловых характеристик рассеяния стационарного звука, полученных на основе численного решения граничного интегрального уравнения в узловых точках на поверхности оболочки. Вычислены и проанализированы временные и спектральные характеристики рассеяния для различных толщин и материалов оболочки для обратного, зеркального и теневого направлений.

25.05-01.19 Приложение метода конечных элементов к проблеме исследования эффективности экранирования авиационных источников шума. Денисов С.Л., Остриков Н.Н., Воронцов В.И. Акустический журнал. 2025. 71, № 4, с. 554-574. Рус.

Представлены результаты расчета дифракции звука на экранах различной формы, выполненные с помощью предложенного авторами Метода Конечных Элементов (МКЭ) в формулировке Бубнова–Галеркина. Проведена верификация расчетов на задачах, имеющих точное решение (дифракция на цилиндре, на отрезке и на сфере), а также представлены результаты экспериментальной валидации расчетов дифракции звука на прямоугольном экране, выполненных с помощью Метода последовательностей максимальной длины. Статья подготовлена по материалам доклада на 10-й российской конференции “Вычислительный эксперимент в аэроакустике и аэродинамике”, 16–

21 сентября 2024 г., г. Светлогорск Калининградской области, <http://ceaa.imamod.ru/>.

Скорость и затухание акустических волн

25.05-01.20 Измерение скорости звука в трубопроводах с жидкостью при АЭ контроле герметичности. Овчинников А.Л., Лапшин Б.М., Чекалин А.С. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 63. Рус.

Обычно при АЭ контроле герметичности трубопроводов величина скорости распространения сигналов АЭ полагается известной. Ее либо рассчитывают по известной формуле Жуковского, либо используют усредненное экспериментально измеренное значение. Как показывает практика, такой подход очень часто приводит к большим ошибкам в определении местоположения утечки, особенно в тех случаях, когда утечка расположена вблизи одного из датчиков. Обусловлено это рядом факторов. Во-первых, рассчитанная по формуле Жуковского скорость звука справедлива для больших по объему утечек. Во-вторых, в трубе может возбуждаться и распространяться нескольких типов волн, при этом эффективность регистрации того или иного типа волн зависит от способа и места установки датчика. В-третьих, скорость звука зависит от толщины стенки трубопровода и от его диаметра. Очевидным решением этой проблемы является измерение скорости звука в процессе контроля. Одним из способов измерения скорости является проведение измерений при различных базовых расстояниях. На практике, например, при контроле теплотрасс, реализовать этот метод можно двумя способами. Для проведения второго измерения один из датчиков можно либо перенести в другую камеру, либо просто сместить на некоторое расстояние внутри одной камеры. Как правило, реализовать первый способ не удается, обусловлено это тем, что из-за ослабления звука в трубопроводе, сигнал в дальней камере не регистрируется вообще, либо регистрируются только его низкочастотные составляющие. При реализации второго способа из-за ограниченного объема камеры или шурфа, расстояние, на которое можно сместить датчик не превышает 1–2 метра. Теоретически при таких смещениях скорость звука по самым грубым оценкам можно измерить с точностью до ± 10 м/с. Такая ошибка при базе контроля 100 м, будет приводить к ошибке локализации менее 1м, что вполне приемлемо. Для проверки этого утверждения был проведен ряд экспериментов, как на реальных трубопроводах, так и на экспериментальной установке. В результате испытаний было получено, что иногда метод дает совершенно не верные результаты. В ходе экспериментов местоположение одного из датчиков не менялось, а местоположение второго последовательно изменялось на 1 м. В результате был получен набор корреляционных функций, по которому было построено трех мерное распределение корреляционных максимумов в пространстве и во времени. На пространственно временном распределении было выделено четыре группы максимумов, через которые можно провести прямые линии. Наклон у этих линий различный, т.е. каждой из этих групп максимумов соответствует определенный тип волн. При этом не всегда максимумы одной группы имеют наибольшее значение для всех корреляционных функций. В этом и заключается ошибка при определении скорости. Оператор в двух измерениях выбирает два наибольших значения и по ним рассчитывает скорость, однако при этом нет ни какой уверенности, что два наибольших значения соответствуют одной и той же скорости. Чтобы избежать возникновения ошибок такого рода необходимо проведение не двух замеров, а трех или четырех. При этом для расчетов следует использовать не наибольшие максимумы, а максимумы лежащие на одной прямой.

25.05-01.21 Измерения скорости звука по данным СТД-зондов: краткий обзор. Львов К.П., Цыбин В.С. Гидроакустика. 2025, № 61, с. 11-16. Рус.

На примере современных цифровых СТД-зондов кратко рассмотрен косвенный метод измерения в морской среде скорости звука по данным датчиков температуры, давления и электропроводности. При подключении зондов к персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) (ноутбуку) про-

граммно осуществляется чтение карт памяти зондов и обработка накопленных необработанных значений гидрологических параметров. Для расчетов скорости звука по данным STD-зондов используют различные алгоритмы и формулы, например, алгоритмы рабочей группы 51 ЮНЕСКО (1983 г.). Некоторые модели предлагают пользователю выбрать формулу расчета скорости звука, установить значение атмосферного давления. Цель работы — краткий обзор основных технических характеристик, алгоритмического обеспечения и погрешности оценки скорости звука по данным STD-зондов.

25.05-01.22 **Определение средней скорости звука в межтрубном пространстве механизированной скважины.** *Ишмуратов Т.А., Давлетбаев А.Я. Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 3, с. 122-134. Рус.

Представлен подход для оценки средней скорости звука в межтрубном пространстве механизированной скважины, которая в дальнейшем используется для определения границы раздела газ—жидкость (динамический уровень). Предложенный подход учитывает распределение и изменение компонентного состава газа, термобарические условия и наличие фазовых переходов. Основным этапом при решении задачи является определение распределения состава газа в области от устья скважины до границы раздела газ—жидкость. Подход основан на законах термодинамики равновесных процессов. Осуществлена апробация подхода более чем в 100 скважинах нескольких месторождений Западной Сибири. Сходимость результатов апробации аналитического подхода проверялась путем их сопоставления с промышленными экспериментальными измерениями скорости звука методом эхометрирования DOI: 10.15372/PMTF202415521.

Стоячие волны, резонанс, нормальные моды

25.05-01.23 **Осесимметричные волны в водоподобном цилиндре.** *Миронов М.А., Пятаков П.А., Савицкий О.А., Шуляков С.А. Акустический журнал.* 2025. 71, № 3, с. 339-346. Рус.

Получено дисперсионное уравнение для осесимметричных волн в упругом цилиндре для случая водоподобного материала (отсутствие сдвиговых волн). Показано, что при этом уравнение распадается на два независимых уравнения, соответствующих продольным и крутильным волнам. Рассмотрены особенности дисперсионных кривых для водоподобного цилиндра. Приведены результаты численного решения дисперсионного уравнения и экспериментальные данные, подтверждающие теоретические выводы.

См. также **25.05-01.16**

Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

См. **25.05-01.12**, **25.05-01.22**

Численные методы, компьютерное моделирование

25.05-01.24 **Метод и технология численного упруго-пластического расчета в динамической постановке.** *Стефанов Ю.П. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара.* Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 175-191. Рус.

Заключение. Математическое моделирование является важнейшим инструментом исследования процессов деформации, протекающих в средах под действием нагрузки. Наиболее значимой частью исследования для моделирования процесса деформирования является формулировка задачи выбор или построение определяющих соотношений. В данных соотношениях необходимо учесть важнейшие особенности поведения, присутствующие в конкретной среде в интересующих условиях. Сложность описания поведения геоматериалов за пределом упругости состоит в том, что поверхность, ограничивающая напряженное состояние, при достижении которой начинается развитие пла-

стической деформации, разрушение среды не является фиксированной, она меняется в ходе деформирования. В ходе развития деформации меняется не только предельная поверхность, но и соотношение между приращениями сдвиговой и объемной частей пластической деформации, т.е. направление вектора пластической деформации. Таким образом, параметры, описывающие поведение среды за пределом упругости, становятся функциями от накопленной пластической деформации и давления. Основную сложность в изучении процессов деформации составляет неоднородный, нередко локализованный характер ее развития. Необходимость рассмотрения развития процессов деформирования с учетом локализации деформации и разрушения среды делает целесообразным применение динамического подхода к описанию процесса, в том числе и для задач квазистатического нагружения. Задача разработки численных моделей, которые позволят описывать процессы деформирования в различных условиях нагружения остается актуальной. Одной из основных задач, которую позволяет решить моделирование процессов деформации является проверка гипотез о действующих условиях и строении среды. Такие исследования имеют первостепенное значение для объяснения механизмов и условий протекания геомеханических процессов, а также проверки гипотез о структуре, напряженном состоянии рассматриваемой области и предсказания дальнейшего поведения среды.

25.05-01.25 **Моделирование колебаний стекового пьезоэлемента из пористой пьезокерамики.** *Соловьев А.Н., Германчук М.С., Оганесян П.А. Проблемы прочности и пластичности.* 2024. 86, № 3, с. 358-370. Рус.

Численно исследована эффективность применения пористой пьезокерамики в стековом пьезоэлементе, который может быть использован как силовой элемент привода, пьезоэлектрический генератор, ультразвуковой излучатель. Исследуется стековый пьезоэлемент, состоящий из восьми сплошных цилиндров, встречно поляризованных в осевом направлении. Материал цилиндров пьезокерамика PZT-4, пористость которой изменяется от 0 до 80%. Решается задача об осевых установившихся колебаниях в окрестности первой резонансной частоты и ниже ее. Нижний торец цилиндра закреплен по нормали, возбуждение колебаний осуществляется за счет механического воздействия при равномерно распределенном давлении на верхнем торце или действия разности электрических потенциалов на электродах. Задачи решаются в рамках линейной осесимметричной теории электроупругости. При механическом воздействии выходной характеристикой устройства является электрический потенциал на свободных электродах, при электрическом — амплитуда осевых колебаний верхнего торца или сила реакции в случае его закрепления. В качестве метода решения использован метод конечных элементов, реализованный в пакете ACELAN. В результате численного решения исследуется зависимость от пористости выходных характеристик пьезоэлемента: частот резонанса и антирезонанса; коэффициента электромеханической связи; выходного потенциала при механическом нагружении; амплитуды колебаний свободного верхнего торца и реакции связи при его закреплении при возбуждении колебаний разностью потенциалов; энергии упругого элемента, прикрепленного к этому торцу. Анализ зависимости этих характеристик позволяет сделать вывод о целесообразности использования такого элемента с пористой керамикой в качестве пьезоэлектрического генератора и излучателя. Отмечено, что выбор величины пористости напрямую зависит от интенсивности нагрузок и прочности пористой пьезокерамики.

25.05-01.26 **Численное моделирование сейсмических вибраций заглубленных сооружений в полубезграничных областях на квазиравномерных сетках.** *Баженков В.Г., Дюкина Н.С., Линник Е.Ю., Калинина Ю.А. Проблемы прочности и пластичности.* 2025. 87, № 2, с. 181-191. Рус.

Представлено развитие метода численного моделирования сейсмических вибраций заглубленных сооружений с учетом нелинейного взаимодействия с грунтовым основанием. Предлагаемый комплекс вычислительных методик включает в себя применение метода наложенных сеток для разделения падающих, прошедших и отраженных волн в полубесконечном массиве грунта на границе расчетной подобласти, контактирую-

щей с сооружением, а также использование квазиравномерных сеток с квадратичной и линейной вязкостью для гашения излученных волн, уменьшения размерности дискретной конечно-элементной задачи и снижения вычислительных затрат. Тестирование программно реализованной методики наложенных сеток проведено в двумерной постановке на задаче об излучении волны от точечного источника на одной из границ прямоугольной расчетной области через слой наложенных сеток на противоположной границе. Оценена абсолютная ошибка распределения поля скоростей после двух периодов пробега в расчетной области с наложенными сетками по сравнению с результатами, полученными в увеличенной расчетной области. Предложен метод пространственной дискретизации области гашения излученных волн. Сетки, разрежающиеся в двух направлениях для двумерной задачи и в трех направлениях для трехмерной, позволяют обеспечить эффективное излучение не только волн сжатия, но и волн сдвига. Исследовано влияние законов изменения численной вязкости на уменьшение шага по времени для сеток, разрежающихся по квадратичному, кубическому, биквадратичному, гиперболическому законам. Рекомендованы варианты задания квадратичной и линейной вязкости, позволяющие не допустить уменьшения временного шага в области с квазиравномерной сеткой. Предложенный способ расчета сейсмостойкости крупногабаритных заглубленных сооружений сочетает вышеописанные методики и позволяет конструировать разнообразие сетки, повышая эффективность счета.

25.05-01.27 Разработка математической модели устройства для измерения вибрации на базе акселерометра. *Дьяченко А.В., Горбачев М.М. Труды Крыловского государственного научного центра.* 2025, № 2(412), с. 134-141. Рус.

Объект и цель научной работы. Объектом исследования является разработанная авторами модель устройства для измерения вибрации судовых валопроводов, включающая микроэлектромеханический акселерометр, микропроцессор и модуль памяти. Цель — создать математическую модель измерительного устройства, учитывающую дискретную обработку вибросигнала, задержки при обработке данных и влияние параметров отдельных компонентов на точность и скорость его работы. Материалы и методы. В качестве материалов использованы научнотехническая литература, результаты авторских теоретических и практических исследований. В качестве методов исследований применены: анализ, синтез, методы классификации и сравнения, индукция, расчетный метод. Основные результаты. Предложена авторская функциональная схема работы измерительного устройства на базе микроэлектромеханического акселерометра для измерения вибрации. Рассчитаны передаточные функции каждого из компонентов, а именно микроэлектромеханический акселерометр, микропроцессор и модуль памяти. Составлена передаточная функция системы в целом. Модель учитывает чувствительность, полосу пропускания и цифровую обработку данных. В итоге разработана общая передаточная функция устройства, что позволяет оценить влияние параметров компонентов на точность и скорость его работы. Заключение. Исследование представляет теоретическую ценность для разработки и оптимизации цифровых измерительных систем на базе микроэлектромеханических акселерометров. Практическое значение заключается в возможности использования модели для повышения точности измерений, оценки влияния задержек, а также оптимизации параметров системы при практических измерениях вибрации в судовых условиях. Развитие исследований заключается в проведении экспериментальной проверки адекватности полученной математической модели, а также изучении влияния посторонних шумов и нелинейных эффектов на точность измерений устройства. Дополнительно необходимо разработать рекомендации по выбору полосы пропускания акселерометров и частоты опроса датчика акселерометра.

25.05-01.28 Исследование эффекта ориентационной термоупругости с помощью упрощенной модели нематического жидкого кристалла в акустическом приближении. Investigation of the orientational thermoelasticity effect using a simplified model of nematic liquid crystal in the acoustic approximation. *Smolekha Irina V. Журнал Сибирского Федерального университета. Математика и физика.* 2025. 18, № 3,

с. 337-346. Англ.

Представлен анализ эффекта ориентационной термоупругости с применением двумерной упрощенной динамической модели жидкого кристалла в акустическом приближении. Предполагается, что эффект возникает при нагревании одной из границ прямоугольного жидкокристаллического слоя. При решении системы уравнений модели применяется метод двуциклического расщепления по пространственным переменным в сочетании с конечно-разностной схемой распада разрыва Годунова для уравнений акустики и схемы Иванова с контролируемой диссипацией энергии для уравнения теплопроводности. Использование такой комбинации конечно-разностных схем позволяет проводить расчеты связанных термомеханических процессов с одинаковыми шагами по времени и по пространству, удовлетворяющими условию Куранта—Фридрихса—Леви. Численный алгоритм реализован в виде параллельной программы, написанной на языке C++. Распараллеливание вычислений выполнено для компьютеров с графическими ускорителями NVIDIA по технологии CUDA. Проведены расчеты, демонстрирующие невозможность наблюдения эффекта переориентации молекул жидкого кристалла под действием температуры для представленной упрощенной модели в акустическом приближении. Однако воздействие температуры существенно влияет на давление и скорости. Сделано заключение, что при учете сил поверхностного натяжения этот эффект будет наблюдаться для используемой в работе модели.

25.05-01.29 Численное моделирование упругих волновых явлений сеточно-характеристическим методом на химерных расчетных сетках. *Фаворская А.В., Хоалов Н.И., Кожемяченко А.А., Петров И.Б. Акустический журнал.* 2025. 71, № 4, с. 598-608. Рус.

Решение прикладных задач сейсмической разведки и ультразвуковой дефектоскопии сопровождается применением компьютерного моделирования. Это ставит перед учеными задачу по разработке новых модификаций численных методов, позволяющих увеличить точность расчетов, минимизируя при этом затраты вычислительных ресурсов. В отличие от численных методов на неструктурированных расчетных сетках, использование Химерных (или наложенных, или адаптивных) расчетных сеток позволяет также описывать границы и контактные границы произвольной формы, но при этом затрачивать меньше оперативной памяти и времени на проведение вычислений. Это особенно важно в связи с активным использованием нейронных сетей для решения обратных задач, так как при генерации обучающих выборок важна как точность моделирования, так и скорость вычислений и количество затрачиваемой оперативной памяти. В работе рассматриваются и сравниваются между собой различные модификации сеточно-характеристического метода на Химерных расчетных сетках. Приведены примеры тестовых расчетов.

25.05-01.30 Влияние начального водосодержания пены на эффективность ослабления сферического взрыва в трубе. *Болотнова Р.Х., Гайнуллина Э.Ф., Коробчинская В.А. Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 2088-2092. Рус.

Исследованы особенности взаимодействия сферической ударной волны, формирующейся в центре недеформируемой трубы, заполненной газом, и с защитным слоем из водной пены на ее внутренней поверхности. Численное моделирование проведено на основе двухфазной газожидкостной модели с единым давлением фаз с учетом межфазных сил и теплообмена. Достоверность модели подтверждена согласованием расчетов с экспериментами о сферическом взрыве в водной пене. Детально проанализирована эволюция давлений на поверхности трубы в ближней зоне инициирования ударной волны в условиях отсутствия и наличия пен с различными водосодержаниями. Показано значительное снижение амплитуды и скорости волнового импульса с применением пенной защиты на стенке трубы. Ключевые слова: водная пена, ударные волны, цилиндрическая труба, численное моделирование.

25.05-01.31 Численное исследование схемы поверхностно-волновой томографии трехмерных неоднородностей. *Позднякова Д.Д., Преснов Д.А., Шуруп А.С.*

Известия РАН. Серия физическая. 2025. 89, № 1, с. 157-162. Рус.

Предложена трехмерная схема поверхностно-волновой томографии неоднородностей скоростей поперечных волн, не требующая восстановления дисперсионных зависимостей поверхностных волн в исследуемой области. Приводятся результаты численного моделирования, выполненного для условий Гавайского архипелага, которые указывают на работоспособность предлагаемого подхода. Ключевые слова: сейсмоакустическая томография, поверхностная волна, слоистая геофизическая среда.

См. также **25.05-01.19**

Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

25.05-01.32 О максимуме первой резонансной частоты для неоднородных упругих тел. *Ватутьян А.О., Юров В.О. Механика твердого тела.* 2024, № 4, с. 180-192. Рус.

Рассмотрена неклассическая задача оптимизации, связанная с развитием производства новых функционально-градиентных материалов. Предлагается производить оптимизацию первой собственной частоты колебаний за счет выбора закона изменения модулей упругости, а не формы, как это делается в большинстве работ, посвященных оптимизации. Такая постановка задачи становится практически обоснованной с развитием 3D-печати, производства ФГМ-керамики с заданными свойствами. В качестве примера рассмотрены задачи о колебаниях ФГМ стержня и ФГМ балки с пружинными граничными условиями на одном из концов.

25.05-01.33 Динамический изгиб балки. *Саурин В.В. Механика твердого тела.* 2024, № 5, с. 78-96. Рус.

Рассматриваются задачи динамического изгиба балок полубесконечной длины. Для решения таких задач в статье применяется метод, основанный на удовлетворении законов сохранения, а именно, закона сохранения энергии, закона изменения количества движения и закона изменения момента количества движения. Полученные результаты сравниваются с аналитическим решением задачи о движении полубесконечного стержня, нагруженного на конце поперечной силой. Особенностью данного решения является то, что изменение напряжённо-деформированного состояния стержня характеризуется волновым фронтом. Считается, что все изменения в состоянии балки происходят с бесконечной скоростью. Показано, что в отличие от переноса продольных возмущений по длине балки, которые происходят с постоянной скоростью, изгибные возмущения распространяются с переменной скоростью, причём, с ростом времени эта скорость уменьшается и стремится к нулю в бесконечно удалённом положении волнового фронта балки. Обнаружено, что скорости распространения волнового фронта при передаче сосредоточенной силы и сосредоточенного момента отличаются друг от друга. При этом скорость передачи поперечной силы почти в два раза превосходит скорость волнового фронта от изгибающего момента.

25.05-01.34 Об учете поверхностных явлений при изгибе сверхтонких пластин. *Устинов К.В. Механика твердого тела.* 2025, № 2, с. 238-266. Рус.

Рассматривается задача о гашении колебаний мембраны и пластины с помощью сил, распределенных по всей площади мембраны и пластины. Предлагаемый метод позволяет рассматривать ограничения не только на абсолютную величину управления, но и на абсолютную величину производных от функций, задающих управление. Приводятся достаточные условия на начальные условия, при которых задача приведения системы в покой за конечное время разрешима, оценивается время приведения в покой.

25.05-01.35 Асимптотический анализ монотонной устойчивости амплитуды колебаний маятника при малом нелинейном демпфировании. *Любимов В.В. Динамика и виброакустика.* 2024. 10, № 3, с. 29-38. Рус.

Рассматривается обыкновенное дифференциальное уравне-

ние второго порядка, описывающее свободные колебания маятника с малым демпфированием в виде полинома третьей степени. Цель работы — выполнить анализ монотонной устойчивости амплитуды свободных колебаний маятника с малым демпфированием, имеющего одну степень свободы. Уравнение колебаний маятника записывается в виде системы уравнений амплитуды и фазы. Далее производится усреднение уравнения для амплитуды колебаний, выполняемое по быстрой фазе. Анализируются выражения производных первого и второго порядка для усреднённой амплитуды, выполняется анализ монотонной устойчивости колебаний маятника. В работе получены следующие основные результаты: сформулированы условия монотонной устойчивости амплитуды колебаний маятника, описана область монотонной устойчивости, определено количество качественно различных случаев монотонной устойчивости, рассмотрено условие достижимости маятником устойчивого положения равновесия. Проверка результатов работы подтвердила их корректность. При этом результаты работы имеют как теоретическое, так и прикладное значение. Например, их можно применить при исследовании устойчивости автоколебаний в маятниковых системах.

25.05-01.36 Продольная волна, распространяющаяся в вязкоупругом по модели Максвелла стержне. Часть 1. Анализ дисперсионных характеристик и частотно-зависимого затухания при решении краевых задач. *Ерофеев В.И., Ермаков Я.Д., Котов В.Л. Проблемы прочности и пластичности.* 2025. 87, № 1, с. 5-13. Рус.

Исследуется динамика стержня, материал которого подчиняется закону деформирования среды Максвелла. Распространение продольной волны в таком стержне описывается одномерным волновым уравнением, дополненным слагаемым, характеризующим вязкость материала. Решение уравнения отыскивается в виде бегущей гармонической волны. От исходного дифференциального уравнения в частных производных осуществляется переход к алгебраическому комплексному дисперсионному уравнению, связывающему частоту и волновое число, позволяющему вычислить фазовую и групповую скорости волны, определить закономерности ее распространения и затухания. При анализе дисперсионного уравнения выделены две задачи: 1) частота считается действительной величиной, а волновое число — комплексной величиной (так принято при решении краевых задач); 2) волновое число считается действительной величиной, а частота — комплексной величиной (так принято при решении задачи Коши). Подробно рассмотрена первая задача. Выявлено, что продольная волна, удовлетворяющая ее условиям, обладает следующими особенностями распространения: при увеличении действительной части волнового числа ее частота возрастает (при малой вязкости возрастает медленно, при большой вязкости — быстро), фазовая скорость сначала возрастает, а затем выходит на горизонтальную асимптоту, групповая скорость возрастает, достигает максимума, затем убывает, выходя на ту же горизонтальную асимптоту, что и фазовая скорость. Во всем диапазоне изменения действительной части волнового числа наблюдается аномальная дисперсия продольной волны (то есть групповая скорость больше, чем фазовая); затухание волны (определяемое мнимой частью волнового числа) сначала увеличивается с ростом частоты, затем выходит на горизонтальную асимптоту и становится частотно-независимым.

25.05-01.37 Распространение продольных волн в стержне Миндлина—Германа, погруженном в нелинейно-упругую среду. *Леонтьева А.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2025. 87, № 1, с. 70-80. Рус.

Изучается распространение продольных волн в однородном стержне, погруженном в нелинейно-упругую среду. Динамическое поведение стержня определяется теорией Миндлина—Германа, которая пренебрегает гипотезой о пропорциональности поперечных деформаций продольным деформациям при осевом растяжении или сжатии. Для описания движения частиц в поперечном направлении вводится дополнительная функция, обеспечивающая большую точность модели. Исходная система уравнений сводится к одному нелинейному уравнению четвертого порядка относительно продольного смещения частиц стержня. Это уравнение, с одной стороны, позволяет

получить эволюционное уравнение и найти его точное решение, с другой — допускает качественное исследование в двух частных случаях в переменных бегущей волны. Показано, что эволюционное уравнение представляет собой уравнение Островского с дополнительным квадратично-нелинейным слагаемым. Методом простейших уравнений для эволюционного уравнения найдены точные решения из класса стационарных волн, сохраняющих свою форму и скорость в процессе распространения. Волны имеют вид солитона классического профиля. Тип нелинейности (мягкая, жесткая) среды влияет на полярность локализованной волны. Среде с мягкой нелинейностью соответствует солитон положительной полярности. Получены зависимости амплитуды, ширины и скорости нелинейной волны от параметров системы, характеризующих нелинейно-упругую среду. Случаи, доступные для качественного исследования, возможны при равенстве нулю коэффициента при старшей производной. В одном случае исследуется уравнение ангармонического осциллятора с двумя типами квадратичной нелинейности. Получен первый интеграл уравнения и построены фазовые портреты при различных соотношениях параметров системы, влияющих на существование и вид фазовых траекторий. В другом случае исследуется классическое уравнение ангармонического осциллятора с квадратичной нелинейностью, которое достаточно хорошо изучено. Качественный анализ частных случаев показывает возможность существования в рассматриваемой системе локализованных и нелинейных периодических волн.

25.05-01.38 Волны в неоднородном вязкоупругом полом шаре. *Пшеничнов С.Г. Проблемы прочности и пластичности.* 2025. 87, № 1, с. 103-112. Рус.

Решается задача о распространении нестационарных продольных волн в шаре с концентрической полостью, состоящем из однородных вязкоупругих сферических слоев с условиями непрерывности перемещений и нормальных напряжений на границах между контактирующими слоями. На поверхности шара действует равномерно распределенная нормальная нагрузка, полость остается свободной. Решение задачи построено с использованием интегрального преобразования Лапласа по времени. Решение в оригиналах получено в новой форме, которая особенно удобна для численной реализации при большом количестве однородных слоев как при регулярных ядрах релаксации, так и при сингулярных ядрах Ржаницына—Колтунова. Эта новая форма, также подходящая для других задач, позволила существенно упростить динамические расчеты и с ростом числа слоев легко перейти к исследованию нестационарных процессов в шаре из вязкоупругого функционально-градиентного материала с непрерывно изменяющимися в радиальном направлении физико-механическими свойствами. Применен метод аппроксимации непрерывной неоднородности материала шара слоистой средой, часто используемый в стационарных динамических задачах для упругих, термоупругих и пьезоэлектродупругих тел. Правомочность такого подхода для нестационарных задач была ранее подтверждена расчетами автора для тел с цилиндрическими и плоскими границами. Для шара также наблюдалась сходимости результатов с увеличением числа слоев при непрерывном изменении нагрузки во времени. Исследованы переходные процессы при экспоненциальном типе неоднородности материала шара, в том числе неоднородности сингулярного ядра релаксации.

25.05-01.39 Деформация тонкой упругой зажатой по краю пластины с прикрепленными стержнями. 1. Статическая задача. *Назаров С.А. Сибирский математический журнал.* 2025. 66, № 3, с. 481-505. Рус.

Строится асимптотика напряженно-деформированного состояния закрепленной вдоль кромки тонкой горизонтальной пластины с присоединенными к ней вертикальными стержнями. Конструкция из изотропного и однородного упругого материала находится под воздействием силы тяжести. При помощи процедуры понижения размерности и анализа пограничных слоев, экспоненциального около кромки пластины и степенного около зон присоединения стержней к пластине, находятся старшие и поправочные члены асимптотики прогиба пластины и жестких смещений стержней, а также их продольная деформация. Выводится асимптотически точное анизотропное и весовое неравенство Корна, позволяющее обосновать асимптотические фор-

мулы. Ключевые слова: сочленение пластины со стержнями, процедура понижения размерности, экспоненциальные и степенные пограничные слои, асимптотика.

25.05-01.40 Деформация тонкой упругой зажатой по краю пластины с прикрепленными стержнями. 2. Спектральная задача. *Назаров С.А. Сибирский математический журнал.* 2025. 66, № 4, с. 689-717. Рус.

В низкочастотном диапазоне спектра строится асимптотика частот и мод собственных колебаний изотропного и однородного упругого сочленения тонких цилиндрических вертикальных стержней и горизонтальной пластины. Поверхность сочленения свободна от внешних воздействий всюду, кроме жестко защемленной кромки пластины. Выявлены несколько типов колебаний, сопровождающихся изгибными деформациями пластины и/или стержней. Обоснование асимптотических формул проводится при помощи асимптотически точного анизотропного и весового неравенства Корна, классической леммы о «почти собственных» числах и утверждения о сходимости нормированных собственных чисел. Ключевые слова: изотропное и однородное упругое сочленение пластины и стержней, пограничные слои, асимптотика собственных чисел и вектор-функций.

25.05-01.41 Исследование вибрации упорного подшипника на корветах ЦМКБ «Алмаз». *Малец А.А. Морской вестник.* 2025, № 1, с. 13-15. Рус.

В ходе работы были созданы модели первых двух вариантов фундаментов, определены собственные частоты колебаний их конструкции, построены графики виброускорений на опорных площадках и проведен сравнительный анализ фундаментов под упорные подшипники для двух заказов. Это позволило определить направления возможных доработок конструкции. Также была создана модель доработанного фундамента и проведен сравнительный анализ с предыдущими результатами.

25.05-01.42 Анализ точности коротковолновых и длинноволновых асимптотик для стационарных волн Лэмба в изотропном слое. *Астапов Я.К., Лукин А.В., Попов И.А. Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н.* 2024. 17, № 3, с. 105-117. Рус.

Анализируются точные и асимптотические приближенные решения для симметричных и антисимметричных волн Лэмба в однородном изотропном упругом слое. При помощи численного аппарата теории продолжения решений нелинейных уравнений вычислены дисперсионные кривые для волн с различной изменчивостью по толщине слоя. На основе полученных результатов исследован характер поля перемещений и изменчивость форм колебаний в зависимости от величины волнового числа. Проведен анализ асимптотической корректности балочных моделей Тимошенко, Бернулли—Эйлера как длинноволновых асимптотик волн Лэмба.

25.05-01.43 Уточненное исследование вынужденных изгибных колебаний стержня-полосы при торцевом нагружении участка закрепления конечной длины на одной из лицевых поверхностей. *Паймушин В.Н., Шлишкин В.М. Мех. композиц. матер. и конструкций.* 2023. 29, № 3, с. 297-319. Рус.

Решается задача о вынужденных изгибных колебаниях стержня-полосы, имеющего не закрепленную консольную часть и участок закрепления конечной длины на одной из лицевых поверхностей. Предполагается, что на торце закрепленного участка приложена изменяющаяся по гармоническому закону осевая сила. Для описания процесса деформирования незакрепленной части стержня используется классическая модель Кирхгофа—Лява при учете геометрической нелинейности при определении осевых деформаций. Деформирование закрепленной части стержня описывается уточненной сдвиговой моделью С.П. Тимошенко с учетом деформаций поперечного обжатия, трансформированная в другую модель за счет учета наличия неподвижного участка закрепления. Сформулированы условия кинематического сопряжения незакрепленной и закрепленной частей стержня, при учете которых, исходя из вариационного принципа Гамильтона—Остроградского, получены уравнения движения, соответствующие им граничные условия, а также силовые условия сопряжения введенных в рассмотрение участ-

ков стержня. Построены точные аналитические решения полученных уравнений движения закрепленной и незакрепленной частей стержня при действии гармонической силы на торце с определением постоянных интегрирования из системы нелинейных уравнений, решаемых итерационным методом Ньютона. Проведены численные эксперименты по исследованию прохождения вибраций через участок закрепления при резонансных колебаниях по двум низшим собственным формам стержней, выполненных из дюралюминия марки Д16АТ и однонаправленного волокнистого композита на основе углеродного волокна марки ЭЛУР-П и связующего ХТ-118. Выявлен эффект заметного возрастания амплитуд колебаний концов консольных частей отмеченных стержней за счет поперечного обжатия закрепленного участка по сравнению с результатами, полученными без учета его поперечного обжатия.

25.05-01.44 Исследование влияния необратимой деформации на работу виброзащитного устройства с рабочими элементами из сплавов с памятью формы. *Беляев Ф.С., Волков А.Е., Сисюк А.А. Мех. композиц. мат. и конструкций.* 2024. 30, № 4, с. 561-576. Рус.

DOI: 10.33113/mkkmk.ras.2024.30.04.08 Исследовалась необходимость учета необратимой деформации при моделировании работы виброзащитных устройств с рабочими элементами из сплавов с памятью формы. Для описания механического поведения этих сплавов применялась микроструктурная модель, способная описывать их основные функциональные свойства. Ее использование позволило проводить расчеты как с учетом необратимой микропластической деформации, сопровождающей мартенситные превращения, так и без ее учета. В качестве модельного устройства рассматривалась одномерная колебательная система с двумя геликоидальными пружинами из никелида титана, изолирующими полезную массу от внешних воздействий. Расчеты показали, что учет микропластической деформации приводит к снижению резонансной частоты колебаний, причем этот эффект усиливается с ростом амплитуды внешнего воздействия и не зависит от фазового состава материала. В дальнейших исследованиях сравнивалось поведение устройства для случаев учета микропластической деформации и без нее, при соответствующих им частотах резонанса. Показано, что микропластическая деформация приводит к качественному изменению формы деформационных петель при колебаниях, вызывая уменьшение максимальных напряжений и деформаций, что положительно сказывается на виброзащитных свойствах устройства. Также наблюдается снижение эффективной жесткости устройства. С ростом амплитуды возмущающего воздействия увеличивается разница между амплитудами деформаций в рассматриваемых случаях. Особенно сильно это проявляется для мартенситного и двухфазного состояний. Лишь при малых амплитудах воздействия разница между исследуемыми случаями незначительна вследствие того, что им соответствуют упругие колебания или колебания с незначительными фазовыми превращениями, не вызывающими сильного развития микропластической деформации. В результате было показано, что механизм микропластической деформации качественно улучшает работу виброзащитного устройства и его учет необходим для получения адекватных результатов при расчетах.

25.05-01.45 Свободные линейные колебания вязкоупругой сферической оболочки с заполнителем. *Мирсаидов М.М., Сафаров И.И., Тешаев М.Х., Элибоев Н.Р. Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика.* 2025. 33, № 4, с. 485-496. Рус.

Цель. Тонкие многослойные оболочки широко применяются в авиастроении, судостроении и машиностроении. В последнее время возрос интерес к динамическому расчету оболочечных конструкций под воздействием различных нагрузок. В данной работе изучается действие движущегося нормального внутреннего давления на вязкоупругую цилиндрическую оболочку. Методы. Вязкоупругая среда, заполняющая сферическую оболочку, имеет значительно меньший мгновенный модуль упругости, чем оболочка. Решение представлено для свободных колебаний вязкоупругой системы «оболочка—заполнитель». Построено аналитическое частотное уравнение в виде трансцендентного уравнения, которое решается численно методом Мюллера.

Результаты. Обнаружено, что при некоторых значениях вязкоупругих и плотностных параметров возникают низкочастотные собственные колебания. Эти колебания представляют собой аperiодическое движение, так как мнимая часть собственной частоты велика. Для вязкоупругих механических систем выявлена зависимость коэффициентов демпфирования от физико-механических параметров. Заключение. Построена теория и методы расчета комплексных собственных частот колебаний упругой сферической неоднородности в упругой среде. Проведена классификация таких колебаний на радиальные, крутильные и сфероидальные. Задача сводится к нахождению тех частот, при которых система уравнений движения имеет ненулевые решения в классе бесконечно дифференцируемых функций.

25.05-01.46 Применение численных процедур в оценке нелинейных волновых нагрузок на корпус судна. *Мудрик Р.С., Родионов А.А., Никитин Н.В. Морские интеллектуальные технологии.* 2024, № 4-1, с. 48-56. Рус.

Работа посвящена совершенствованию методов оценки волновых нагрузок на корпус судна с расширением возможности учета нелинейных эффектов: изменяемая смоченная поверхность, слеминг, заливаемость палубы, деформируемость корпуса. Разработаны численные модели повышенной эффективности, которые относятся к моделям пониженного порядка. В качестве основного инструмента приняты проблемно-ориентированные нейронные сети, формирующие нейронную систему линейных дифференциальных уравнений в пространстве внутренних переменных. Параметры такой системы подбираются из условия адекватного моделирования нелинейного поведения исходной системы. Эталонное решение получено с помощью разработанного решателя во временной области на основе одномерной модели деформируемого корпуса, плавающего на взволнованной поверхности воды с допущениями плоской модели обтекания сечений. В результате проведенных расчетов представлены данные о параметрах волновых нагрузок на контейнеровоза, демонстрирующие высокую степень согласия между результатами численного моделирования и прогнозами модели пониженного порядка. Предложенный в работе математический аппарат имеет потенциал для дальнейшего применения в практике судостроения, позволяя более точно прогнозировать поведение судов в условиях волнения. Ключевые слова: волновые нагрузки, корпус судна, слеминг, заливаемость палубы, волновая вибрация, численное моделирование, нелинейные системы, модели пониженного порядка, нейронные сети.

25.05-01.47 Собственные частоты колебаний пятислоного стержня. *Будникова Д.А. Пробл. физ., мат. и техн.* 2025, № 2(63), с. 11-15. Рус.

Рассмотрена задача о собственных колебаниях пятислоного симметричного по толщине стержня с двумя заполнителями. Несущие слои предполагаются тонкими, высокопрочными. Для них приняты гипотезы Бернулли о поперечных сечениях плоских и перпендикулярных деформированной осевой линии, после приложения нагрузки. В относительно толстых легких заполнителях выполняется гипотеза Тимошенко, согласно которой сечение остается плоским и несжимаемым, но поворачивается на некоторый дополнительный угол. Дифференциальные уравнения колебаний получены вариационным методом с учетом поперечных сил инерций. Выведено трансцендентное уравнение для собственных чисел стержня с жестко заделанными торцами, получены его численные решения. Исследована зависимость собственных частот колебаний от толщины внешних несущих слоев при различных материалах слоев стержня.

25.05-01.48 Нули функции Грина для балки и полукольца с диссипацией. *Лазарев Л.А. Акустический журнал.* 2025. 71, № 4, с. 491-503. Рус.

Для балки Эйлера—Бернулли и тонкого нерастяжимого полукольца показано, что их функция Грина для нормальных сил и смещений может равняться нулю при наличии диссипативных потерь. Балка и полукольцо рассмотрены в двух вариантах: со свободным креплением и подвижной заделкой на концах. Решения существуют в широких полосах частот. Для полукольца с подвижной заделкой среди решений есть такие, для которых производная функции Грина по частоте близка к нулю

при независимом от частоты тангенсе потерь. Виброизолятор в виде замкнутого кольца с четырьмя опорами, расположенными в точках, соответствующих одному из таких решений, будет обладать как теоретически бесконечной виброизоляцией на одной частоте, так и большой виброизоляцией в широкой полосе соседних частот.

25.05-01.49 Влияние давления и плотности окружающей среды на спектр частот колебаний прямоугольных пластин, шарнирно закрепленных по контуру. *Сабитов В.Б., Хажимов А.Г. Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 3, с. 177-191. Рус.

Определяются спектр частот и формы изгибных колебаний прямоугольных пластин, контактирующих с жидкостью или газом. Получено выражение для распределенной поперечной нагрузки на пластину, шарнирно закрепленную по контуру. Поверхности пластины контактируют со средой, имеющей различные плотность и давление. Среда может быть как сжимаемой, так и несжимаемой. Определяется влияние на изгиб среднего давления и кривизны срединной поверхности, а также присоединенной массы газовой среды DOI: 10.15372/PMTF202415506.

См. также **25.05-01.15**, **25.05-01.27**

Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

25.05-01.50 Акустические волны Лэмба и Лява в пористо-упругих пластинах и покрытиях. *Леньков С.В. Химическая физика и мезоскопия.* 2025. 27, № 1, с. 181-195. Рус.

На основе теории Био предложена модель и проанализированы особенности распространения волн Лэмба и Лява в плоских тонких пластинах и покрытиях из пористо-упругих двухфазных материалах типа изолон и вспененный полиуретан со свободными границами. Разработанная модель двухфазной среды для пористых газонаполненных материалов, позволяет анализировать любые типы объемных, продольных и поперечных волн при произвольных величинах пористости. Методом потенциалов получены решения краевых задач, описывающих распространение волн в двухфазной пористой среде при закрытых и пронизываемых порах. Проведен расчет скоростей поперечных волн Лэмба в пластине и волн Лява в покрытии при различных вариациях параметров пористого тела. Проведен качественный анализ поведения зависимостей скоростей S_0 нулевых мод волн Лэмба и мод волн Лява первого порядка от изменения параметров среды и геометрии пористой среды в области низких частот. Ключевые слова: пористая среда, закрытоячеистые пенополиэтилены, модель Био, волны Лэмба и Лява.

25.05-01.51 Взаимодействие ударных волн с газопроницаемыми ячеисто-пористыми материалами. *Миронов С.Г., Кириловский С.В., Поплавская Т.В., Цырюльников И.С. Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 2, с. 17-28. Рус.

Представлены результаты экспериментального и численного моделирования взаимодействия плоских ударных волн с газопроницаемыми ячеисто-пористыми преградами, как однородными по толщине, так и состоящими из слоев материала с порами различного диаметра. Эксперименты проведены в ударной трубе в диапазоне чисел Маха ударных волн $M=1,2-1,8$. В качестве газопроницаемого материала использованы образцы высокопористого ячеистого никеля. При численном моделировании такие ячеисто-пористые материалы описываются тороидальной моделью пористой среды. Выявлен механизм формирования отраженных волн. Показано, что при наличии преград из газопроницаемого высокопористого ячеистого

материала интенсивность волн, отраженных непосредственно от элементов структуры материала, и волн, отраженных от заднего торца трубы, уменьшается. Наиболее эффективно отраженные волны подавляются комбинированными преградами из слоев материала с порами различного диаметра DOI: 10.15372/PMTF202415459.

25.05-01.52 Исследование взаимодействия ударной волны с пограничным слоем панорамными методами. *Лузгин Н.К., Сидоренко А.А., Будовский А.Д., Гобызов О.В. Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 2, с. 29-41. Рус.

Проведено исследование взаимодействия ударной волны с пограничным слоем на модели полупрофиля крыла. Эксперименты выполнены в аэродинамической трубе при числе Маха набегающего потока $M \approx 0,75$ и давлении торможения $P_0 = 10^5$ Па. Использовалась модель полупрофиля крыла, установленная на стенке рабочей части аэродинамической трубы. Получены данные о распределении давления на поверхности модели с помощью метода, в котором используются люминесцентные преобразователи давления, и метода дренажных отверстий. Выполнена визуализация предельных линий тока на модели, а также термографическая визуализация. Для параметров эксперимента проведено численное моделирование течения в рамках подхода, основанного на использовании уравнений Навье—Стокса, осредненных по Рейнольдсу. Проанализирована трехмерная структура течения и выявлено существенное различие результатов измерений и численного моделирования течения в угловых отрывах DOI: 10.15372/PMTF202415471.

25.05-01.53 Эволюция возмущений, создаваемых тепловым источником в сверхзвуковом пограничном слое при ударно-волновом взаимодействии. *Кутепова А.И., Хотяновский Д.В., Сидоренко А.А. Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 2, с. 42-54. Рус.

Проведено прямое численное моделирование распространения возмущений, создаваемых тепловым источником в сверхзвуковом пограничном слое, взаимодействующем с косой ударной волной. Расчеты выполнены с помощью гибридного кода NuCFS-R. Изучены процессы возбуждения и эволюции неустойчивых возмущений пограничного слоя, влияние падающей ударной волны на развитие возмущений, а также влияние возмущений на отрыв пограничного слоя, развитие течения в зоне отрыва и ламинарно-турбулентного перехода. Исследовано влияние длительности теплового импульса на возбуждение и развитие неустойчивых волн в пограничном слое и зоне взаимодействия. Рассмотрен случай генерации возмущений парой источников, находящихся на некотором расстоянии друг от друга. Показано, что уменьшение длительности теплового импульса приводит к увеличению амплитуды первой и второй гармоник основной неустойчивой моды. Вследствие этого изменяется спектр возмущений в зоне взаимодействия и ускоряется процесс турбуликации течения, что приводит к уменьшению размера области отрыва DOI: 10.15372/PMTF202415475.

25.05-01.54 Численное исследование динамики прохождения волнового импульса из жидкости в пористую среду, насыщенную пузырьковой жидкостью. *Гималтдинов И.К., Родионов А.С., Валиахметова О.Ю. Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 3, с. 163-176. Рус.

Исследовано прохождение волны со ступенчатым профилем и импульса конечной длительности из жидкости в пористую среду, насыщенную пузырьковой или "чистой" жидкостью. Изучено воздействие волн на твердую стенку с расположенным перед ней слоем насыщенной пористой среды. Показано, что результаты расчетов качественно хорошо согласуются с известными экспериментальными данными DOI: 10.15372/PMTF202415549.

Нелинейная акустика

Теория нелинейных акустических волн

25.05-01.55 Среднее поле акустических волн с разрывами в одномерной случайно-неоднородной среде. *Алексеев Д.М., Гусев В.А. Известия РАН. Серия физическая.* 2025. 89, № 1, с. 114-121. Рус.

Рассмотрены особенности построения замкнутых уравнений для среднего поля акустических волн с разрывными профилями в одномерной случайно-неоднородной среде. 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 исходной N -волны.

Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

25.05-01.56 Трехлучевой генератор акустических ударно-волновых импульсов. Three-beam generator of acoustic shock-wave pulses. *Andriyanov Yu.V., Andriyanova O.N., Bagaudinov K.G., Garilevich B.A., Maksimov D.V. Приборы и техника эксперимента.* 1997. 40, № 2, с. 123-125. Англ.

A three-beam generator of shock-wave acoustic pulses is described. The generator consists of three plane radiators of electromagnetic type with acoustic focusing lenses. The radiators are located on a general base symmetrically relative to the generator axis and so, thus the axes of acoustic lenses intersect in one point being the geometric focus for each lens. Measurement results of the pressure amplitude distribution of a shock-wave acoustic pulse in the zone of three beams intersection are presented. It is shown that the pressure distribution has plateau-like form. The generator is intended for crushing the kidney and bile gall-stones.

См. также 25.05-01.51, 25.05-01.52, 25.05-01.53

Влияние нелинейности на скорость и поглощение

25.05-01.57 О скоростях поверхностных волн Рэлея, распространяющихся вдоль границ обобщенных континуумов. On the velocities of Rayleigh surface waves propagating along boundaries of generalized continua. *Erofeev Vladimir I., Antonov Artem M., Malkhanov Alexey O. Журнал Сибирского Федерального университета. Математика и физика.* 2025. 18, № 2, с. 191-198. Англ.

Показано, что математические модели градиентно-упругой среды и редуцированной среды Коссера, в отличие от модели классического деформируемого твердого тела, позволяют описать наблюдаемую экспериментально дисперсию поверхностной волны Рэлея, т.е. зависимость фазовой скорости от поверхностной волны частоты. При этом, согласно модели градиентно-упругого полупространства, скорость поверхностной волны не может превосходить скорости сдвиговой волны, но при определенных значениях частоты может ее достигать. Согласно же редуцированной модели Коссера скорость поверхностной волны превышает скорость сдвиговой волны, а также скорость распространения поверхностной волны в классическом полупространстве и градиентно-упругом полупространстве. Ключевые слова: градиентно-упругое полупространство, редуцированная модель Коссера, поверхностная волна, дисперсия, фазовая скорость, частота.

Статистическая нелинейная акустика

25.05-01.58 Стационарные нелинейные потенциальные волны на поверхности слоя идеальной однородной жидкости конечной толщины. Первый метод Стокса. *Руденко А.И. Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 2, с. 63-72. Рус.

Рассмотрена двумерная задача о стационарных нелинейных

волнах на поверхности слоя идеальной жидкости конечной толщины. Решение поставленной задачи с использованием предлагаемой методики включает следующие этапы: с помощью следа функции тока изменено кинематическое условие на свободной поверхности с использованием интеграла Бернулли—Коши динамическое условие представлено в новой форме, введен интегральный оператор типа свертки, позволяющий упростить нелинейную краевую задачу определения четырех функций одной переменной, основными из которых являются форма профиля волны и след функции тока на нулевом горизонте. Данная методика позволяет свести двумерную задачу к одномерной. Получены две формы нелинейного дисперсионного соотношения: зависимость скорости волны от амплитуды основной гармоники волны и зависимость скорости волны от амплитуды волны. Рассмотрены случаи коротких и длинных волн. DOI: 10.15372/PMTF202315346.

См. также 25.05-01.55

Акустические течения и радиационное давление

25.05-01.59 Акустические течения в полусферической капле жидкости на вибрирующей подложке. *Лебедев-Степанов П.В. Акустический журнал.* 2025. 71, № 3, с. 347-359. Рус.

Рассчитано поле радиационных сил в малой полусферической капле, лежащей на твердой горизонтальной подложке. Силы формируются капиллярными колебаниями на свободной поверхности жидкости. Рассчитано и визуализировано акустическое течение, возбуждаемое радиационными силами.

Источники интенсивного звука, фокусирующие устройства

25.05-01.60 Влияние размеров центрального отверстия в мощных фокусированных излучателях на параметры нелинейного ультразвукового поля в фокусе. *Нартов Ф.А., Карзова М.М., Хожлова В.А. Акустический журнал.* 2025. 71, № 3, с. 360-371. Рус.

Проанализировано влияние размеров центрального отверстия в сферическом одноэлементном излучателе с равномерным распределением колебательной скорости на его поверхности на проявление нелинейных эффектов при фокусировке создаваемого им ультразвукового пучка. Показано, что присутствие центрального отверстия существенно влияет на параметры нелинейного поля в фокальной области, приводит к более высокому эффективному углу фокусировки и, как следствие, к более высоким уровням пикового положительного давления и характерным амплитудам разрыва в фокальном профиле.

Методы измерений и инструменты нелинейной акустики

25.05-01.61 Фотоакустический метод определения толщины прозрачных пленок. Photoacoustic method of determination of transparent film thickness. *Rykov V.V., Kharionovskij A.V. Приборы и техника эксперимента.* 1992. 35, № 1, с. 202-205. Англ.

Photoacoustic method of determining transparent film thickness within optical range. The method was based on recording interference picture in film transmission spectrum by measuring intensity of passed through the film light by photoacoustic method. Formulae for calculation of elasticity theory were presented. Circuit of measuring device, piezocounter design, curve of spectral dependence of photoacoustic signal were given.

25.05-01.62 Спектрометр для изучения магнитно-акустического резонанса и нелинейных акустических явлений. Spectrometer for studying the magnetic resonance and nonlinear acoustic phenomena. *Bogdanova Kh.G., Golenishchev-Kutuzov V.A., Shakirzyanov M.M. Приборы и техника эксперимента.* 1997. 40, № 4, с. 60-62. Англ.

A pulse magnetoacoustic spectrometer is described for studying

acoustic nuclear magnetic resonance (NMR) and nonlinear magnetoacoustic effects in the frequency range of 500–1000 MHz and in the temperature range of 4.2–300 K. The spectrometer sensitivity at 664 MHz is –100 dB for measuring the sound absorption at the emitted power of 1 W. The design of original acoustic device is presented. The spectrometer possibilities are shown taking as an example the study of acoustic NMR and acoustic spin echo in light-plane antiferromagnetics.

25.05-01.63 Измерение температурной зависимости времени акустической задержки в кристаллах АУГ на частоте 9 ГГц. Measurement of the temperature dependence of acoustic delay time in АУГ crystals at a frequency of 9 GHz. *Grigor'ev M.A., Tolstikov A.V. Приборы и техника эксперимента.* 1998. 41, № 4, с. 525-527. Англ.

прибл. 1998. 41, № 4, с. 525-527. Англ.

25.05-01.64 Оптическая установка для измерения распределения амплитуды и фазы поверхностных акустических волн. An optical setup for measuring amplitude and phase distributions of surface acoustic waves. *Komotskij V.A., Kashchenko N.M., Nikulin V.F. Приборы и техника эксперимента.* 1998. 41, № 4, с. 553-557. Англ.

Нелинейная акустика структурно неоднородных сред

См. 25.05-01.57

Физическая акустика

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

25.05-01.65 Принципы визуализации тонких цилиндрических рассеивателей в импульсной акустической микроскопии. *Мороков Е.С., Левин В.М. Акустический журнал.* 2025. 71, № 4, с. 534-543. Рус.

Одной из областей применения длиннофокусных высокочастотных ультразвуковых пучков является визуализация объемной микроструктуры материалов. Визуализация микроструктуры в акустической микроскопии в режиме на отражение обеспечивается за счет регистрации сигналов при отражении или рассеянии ультразвукового пучка на элементах внутренней структуры. Одними из элементов могут выступать акустически жесткие тонкие цилиндрические рассеиватели. Радиус тонких цилиндрических элементов существенно меньше размера фокального пятна зондирующего пучка, поэтому все тонкие элементы малого диаметра отображаются на акустических изображениях с одинаковым размером, равным диаметру фокального пятна. Для оценки размеров тонких цилиндрических элементов, видимых на изображениях, предлагается теоретический подход, описывающий формирование амплитуд выходных сигналов при взаимодействии фокусированного ультразвукового пучка с тонкими цилиндрическими элементами структуры. Аналитическое описание взаимодействия учитывает радиус элемента и чувствительности приемной акустической системы. Учитывая параметры излучателя/приемника и геометрию цилиндра, решается обратная задача по оценке размера рассеивателя в зависимости от принимаемого сигнала. Теоретический подход экспериментально подтверждается при визуализации тонких полимерных волокон с применением сканирующего импульсного акустического микроскопа и акустических линз на частотах 50 и 200 МГц, формирующих фокусированные пучки разной геометрии. По результатам сопоставления экспериментальных данных и теоретических расчетов делается вывод о применимости описанного аналитического подхода в рамках допущений и приближений для длиннофокусных пучков с малолугловой апертурой при оценках минимальных размеров цилиндрических рассеивателей видимых в акустической микроскопии.

25.05-01.66 Сравнение лучевого и дифракционно-го подходов к коррекции aberrаций при транскраниальной фокусировке ультразвукового поля. *Солонцов О.В., Росницкий П.Б., Чупова Д.Д., Гаврилов Л.Р., Сеницын В.Е., Мершина Е.А., Сапожников О.А., Хожлова В.А. Акустический журнал.* 2025. 71, № 4, с. 544-553. Рус.

Теоретически оценены возможности использования лучевого и дифракционного методов коррекции aberrаций, применяющихся в неинвазивной нейрохирургии для фокусировки ультразвука высокой интенсивности через кости черепа на различных глубинах в мозге человека. При анализе использовались данные компьютерной томографии головы с различными геометрическими характеристиками черепа в рамках анонимизированного набора из восьми пациентов. В качестве излучателя

рассматривалась фазированная решетка с абсолютно плотным мозаичным заполнением поверхности 256 элементами, рабочей частотой 1 МГц, имеющая форму сферической чаши с радиусом кривизны и диаметром 200 мм. Компенсация aberrаций лучевым методом проводилась путем расчета набега фаз вдоль лучей, исходящих из целевой точки к центрам элементов. В дифракционном методе при коррекции aberrаций и расчете фокусировки ультразвука использовалась комбинация интеграла Рэлея и псевдоспектрального численного метода решения волнового уравнения в неоднородной среде, реализованного в программном пакете k-Wave. Показано, что наибольшие искажения поля наблюдаются для черепов с более выраженной вариацией толщины костной ткани. Дифракционный метод позволяет повысить эффективность фокусировки, а также проводить коррекцию на меньших глубинах по сравнению с лучевым методом.

25.05-01.67 Количественная оценка кавитационных пузырьков на лазерном нагревательном элементе в камере малого объема. *Лебедев М.С., Тагильцев А.А., Чудновский В.М. Подводные исследования и робототехника.* 2025. 38, № 2, с. 53-58. Рус.

Исследованы акустические шумы, возникающие при термокавитации, инициированной в окрестности торца оптоволоконка, погруженного в воду (лазерный нагревательный элемент) и зарегистрированные микрофоном, который установлен над поверхностью жидкости, заполняющей рабочую камеру малого объема. Звук, зарегистрированный микрофоном, включает цуги отдельных импульсов, идентифицированных как результат роста-схлопывания кавитационных пузырьков, возникающих в результате элементарного акта вскипания воды с недогревом. В отличие от регистрации кавитационного шума с помощью гидрофона, погруженного в экспериментальную камеру, способ контроля шума с помощью микрофона, находящегося вне области лазерного воздействия, является более простым и надежным и позволит обеспечить дистанционный контроль теплового воздействия на материал. В работе показано, что посредством микрофона, расположенного вблизи обрабатываемого торцом оптоволоконка объема жидкости малого волнового размера, возможно в кавитационном шуме выделить наиболее энергонесущие импульсы и на основе их количественного анализа контролировать степень нагрева среды. Это позволит при проведении других видов лазерной обработки, например, кавитационной очистки, упрочнении, закалки или санации технических поверхностей, управлять энергетическими режимами работы лазера и на основе количественных показателей автоматизировать управление длительностью воздействия излучения.

См. также 25.05-01.22, 25.05-01.23

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

25.05-01.68 Моделирование коэффициента поглощения и расчет скорости звука в суспензиях. *Дамдчи*

нов Б.Б., Митыпов Ч.М., Пряжников М.И., Минаков А.В. *Акустический журнал*. 2025. 71, № 4, с. 521-533. Рус.

Многие реальные жидкости кроме самой жидкой фазы содержат твердые включения различных размеров. Эти включения влияют на распространение акустических волн. Такие параметры акустических волн, как поглощение и скорость распространения звука зависят от размеров и концентрации частиц. В данной работе получены зависимости коэффициента поглощения и скорости звука для суспензии агарозного геля с частицами талька и для суспензий с частицами диоксида кремния. Проведено сравнение экспериментальных спектров затухания в различных суспензиях с теоретическими расчетами по модели Урика. Получены зависимости акустического поглощения и скорости звука от концентрации в суспензиях с различными размерами частиц. Результаты сравнения показали, что модель Урика удовлетворительно описывает поглощение в различных суспензиях при концентрациях частиц $\varphi < 20\%$.

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

25.05-01.69 Брэгговская дифракция света на пьезоактивных акустических волнах в кристаллах германата и силиката висмута. *Ахмеджанов Ф.Р., Элбова М.И. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии*. 2025. 17, № 1, с. 77-82. Рус.

Исследована анизотропия Брэгговской дифракции света на продольных пьезоактивных акустических волнах в кристаллах германата и силиката висмута с учетом влияния дополнительного (индуцированного) пьезоэлектродоприкладного вклада в значения эффективной фотоупругой константы и коэффициента акустооптического качества M_2 . Детально исследована зависимость коэффициента M_2 от направления волнового вектора продольных акустических волн в кристаллографической плоскости (110). Выявленные особенности Брэгговской дифракции света на пьезоактивных акустических волнах в кристаллах, обладающих также оптической активностью, будут полезны при разработке акустооптических устройств.

25.05-01.70 Анизотропия характеристик акустических волн в кристаллах арсенида галлия. *Ахмеджанов Ф., Мирзаев С.З., Тошпулатов И.Ш. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии*. 2025. 17, № 2, с. 155-160. Рус.

Исследована анизотропия характеристик акустических волн в кристаллах арсенида галлия в диапазоне частот от 30 до 760 МГц. Измеренные значения скорости и коэффициента затухания акустических волн использованы для определения действительных и мнимых компонент тензора упругости. Построены сечения поверхностей скорости и затухания акустических волн плоскостью (001), характеризующие анизотропию упругих свойств. Найдены особые направления распространения акустических волн в плоскости (100).

Акустика ГГц частот; Бриллюэновское рассеяние

См. 25.05-01.16

Акустическая кавитация, сонолюминесценция

См. 25.05-01.67

Ультразвуковая релаксация в газах, жидкостях и твердых телах

25.05-01.71 Дифракция игольчатых световых пучков на ультразвуке в кристаллах парателлуриата. *Кулак Г.В., Казаков В.И., Николаенко Т.В., Ропот П.И. Пробл. физ., мат. и техн.* 2025, № 1(62), с. 20-24. Рус.

Исследована брэгговская дифракция циркулярно поляризованных игольчатых световых пучков на медленной сдвиговой ультразвуковой волне в кристаллах парателлуриата. Показано,

что при изменении угла конусности падающего на диафрагму бесселевого светового пучка достигается высокая эффективность дифракции $\sim 90\%$ для сформированного и падающего на акустооптическую ячейку игольчатого пучка. Установлено, что при увеличении длины акустооптического взаимодействия эффективность дифракции игольчатых световых пучков достигает максимального значения при меньших мощностях ультразвука. Показано, что при малых углах конусности светового пучка эффективность дифракции игольчатого светового пучка сравнима с эффективностью дифракции гауссового.

25.05-01.72 Усиление вынужденного комбинационного рассеяния под действием ультразвука. *Карпов М.А., Кудрявцева А.Д., Миронова Т.В., Надыхто А.Б., Шевченко М.А., Чернега Н.В., Уманская С.Ф. Письма в ЖЭТФ*. 2025. 122, № 12, с. 932-937. Рус.

Наблюдается значительное усиление интенсивности вынужденного комбинационного рассеяния (ВКР) при воздействии ультразвука на воду. Усиление происходит как в прямом, так и обратном направлениях и прекращается после прекращения ультразвукового воздействия. Первая Stokes компонента ВКР увеличивается примерно в 4 и 2.5–3 раза в прямом и обратном направлениях соответственно, а вторая Stokes компонента — в 5–6 раз. Параллельно с этим происходит уменьшение интенсивности упругого рассеяния, что свидетельствует о перераспределении энергии между механизмами рассеяния. Эффект проявляется только при пикосекундной лазерной накачке (30 пс, 10 мДж, 10 Гц) и не наблюдается при использовании наносекундных лазерных импульсов. Это указывает на случайно распределенную обратную связь как на основной физический механизм. Усиление интенсивности ВКР также зафиксировано в этаноле и ацетоне. Механизм требует дальнейшего детального исследования.

25.05-01.73 Зондирование распределения объемного заряда и поляризации в твердых диэлектриках с помощью акустических импульсов давления. *Probing the distribution of bulk charge and polarization in solid dielectrics by acoustic pressure pulses. Boev S.G., Kuz'min A.N., Lopatkin S.A., Paderin V.A. Приборы и техника эксперимента*. 1993. 36, № 4, с. 187-196. Англ.

A brief analysis is given for the results of physical description of the method; its potentialities and conditions of implementation for probing the distribution of bulk charge's electric field intensity and polarization across a plane-parallel sample are considered. A device implementing the method on the basis of the inverse piezoelectric effect is described. This device makes it possible to probe the samples with frequencies of hundreds and thousands Hz with a field sensitivity threshold $\leq 10^2$ v/cm and a resolution ≤ 20 μ m. The application of the method is illustrated by experimental results.

Плазменная акустика

25.05-01.74 Повышение точности определения угла поверхностного плазмонного резонанса аподизацией функции пропускания акустооптического перестраиваемого фильтра. *Анисимов А.В., Хасанов И.Ш. Оптический журнал*. 2025. 92, № 9, с. 44-54. Рус.

Предмет исследования. Влияние боковых максимумов относительно центральной полосы спектра пропускания акустооптического фильтра на точность определения резонансного угла поверхностного плазмонного резонанса относительно случая монохроматического излучения. Цель работы. Повышение точности метода поверхностного плазмонного резонанса при использовании оптического излучения после акустооптической фильтрации снижением систематической погрешности определения резонансного угла относительно случая монохроматического излучения. Метод. Предложена методика аподизации для подавления влияния вторичных максимумов функции пропускания акустооптического перестраиваемого фильтра с формой, близкой к функции квадратичного кардинального синуса, за счет перестройки основной длины волны и математической постобработки. Основные результаты. Систематическая погрешность определения резонансного угла в методе поверхностного плазмонного резонанса снижена в 1,5 раза. Практическая значимость. Снижение погрешности измерения резонансного угла

ла в методе поверхностного плазмонного резонанса позволит определять оптические константы диэлектрических покрытий с высокой точностью, а также исследовать их распределение по глубине тонкого слоя. Достижение высокой точности и разрешения позволит проводить неразрушающие исследования процессов на субволновых масштабах в видимом и инфракрасном диапазонах, таких как диффузия и адгезия тонких пленок металлов и диэлектриков, что важно для прикладных задач в нанотехнологиях и материаловедении, а также для сенсорных приложений в биомедицине.

25.05-01.75 О нелинейном взаимодействии геодезических акустических мод и зональных течений в токамаках с тороидальным вращением плазмы. *Лагин В.П. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 168, № 1, с. 125-137. Рус.

В приближении слабой нелинейности исследовано взаимодействие геодезических акустических мод (ГАМ) и низкочастотных зональных течений в токамаках с тороидальным вращением плазмы. Показано, что определяющее влияние на зональное течение оказывают нелинейные эффекты, обусловленные самим зональным течением. Из-за своей малой частоты уже при небольших амплитудах зональное течение становится заведомо нелинейным. Получено условие, при котором зональное течение может быть описано в приближении слабой нелинейности. Вместе с тем основное влияние на ГАМ оказывает ее нелинейное взаимодействие с зональным течением. В результате взаимодействия возникают сателлиты ГАМ с частотами, равными сумме и разности частот ГАМ и зонального течения. Частоты сателлитов качественно согласуются с частотами сателлитов, наблюдаемых в спектре колебаний потенциала в токамаке Т-10. При этом в противоречии с экспериментальными результатами вычисленные амплитуды сателлитов малы по сравнению с амплитудой ГАМ.

25.05-01.76 Структура фронта ударной волны в трехмерной комплексной плазме. *Заморин Д.А., Зобнин А.В., Липаев А.М., Сыроватка Р.А., Наумкин В.Н., Усачев А.Д., Кононенко О.Д., Тома М.Х., Кречмер М., Ду Ч.-Р., Петров О.Ф. Письма в ЖЭТФ.* 2025. 122, № 11, с. 892-897. Рус.

Исследована сильно нелинейная волна плотности, переходящая в ударную волну, в трехмерной комплексной плазме газового разряда постоянного тока на научной аппаратуре «Плазменный кристалл-4» в условиях микрогравитации. Перепад давления плазменно-пылевой структуры в волне доминировал над трением о нейтральный газ при выбранных условиях эксперимента. Найдена скорость распространения ударной волны. Определены скорости индивидуальных микрочастиц. Восстановлены профили скорости и концентрации микрочастиц в развивающейся ударной волне. Получено хорошее соответствие экспериментальных профилей и результатов численного моделирования методом молекулярной динамики. Оценки также показали, что число Маха в набегающем потоке составило 4.3.

Акустическая микрофлюидика

См. 25.05-01.23, 25.05-01.59

Поверхностные волны в твердых телах и жидкостях

25.05-01.77 О неполупростом вырождении волн Лэмба. *Каракозова А.И., Кузнецов С.В. Механика твердого тела.* 2024, № 4, с. 193-206. Рус.

В рамках шестимерного формализма Коши впервые обнаружены аномальные поверхностные волны, возникающие при неполупростом вырождении фундаментальной матрицы. Условие неполупростого вырождения получено в явной форме для волн Лэмба, распространяющихся в слое с произвольной упругой анизотропией и свободными границами. Получен новый тип дисперсионного уравнения и соответствующее дисперсионное решение. Обсуждается связь с поверхностными волнами нерелевского типа.

25.05-01.78 Преобразование волновых мод при отражении на границе между упругими полупространства-

ми. Каракозова А.И., Кузнецов С.В. Механика твердого тела. 2025, № 4, с. 156-170. Рус.

Известно, что падающая объемная P -волна, распространяющаяся в однородном изотропном полупространстве, отражаясь от плоской границы, может преобразовываться в поперечную S -волну без образования отраженных P -волн. Этот эффект называется преобразованием мод. Он происходит при попадании падающей волны на границу под некоторыми критическими углами, которые зависят от коэффициента Пуассона. При этом выявлено, что решение Джеффриса для углов преобразования мод нуждается в поправках, в основном из-за ложных корней, возникающих при решении специально построенного полинома восьмого порядка для коэффициента отражения продольной волны. Разработанный подход позволил построить бикубический многочлен и получить аналитические выражения для его корней, а также найти правильные значения углов падения, при которых происходит преобразование мод.

25.05-01.79 О соотношении скоростей сдвиговых волн и поверхностных волн Рэлея для материалов, описываемых уравнениями механики обобщенных континуумов. *Антонов А.М. Проблемы прочности и пластичности.* 2024. 86, № 4, с. 498-504. Рус.

Изучается вопрос о том, как две известные модели обобщенных континуумов описывают поверхностную волну Рэлея, распространяющуюся вдоль свободной от напряжений поверхности упругого полупространства. В качестве тестируемых выбраны модели градиентно-упругой среды и упрощенной (редуцированной) среды Коссера. Получены дисперсионные уравнения, анализ которых показал, что обе модели свидетельствуют о том, что дисперсионные свойства поверхностной волны Рэлея в плоскости волнового числа — частота описываются двумя кривыми, нижняя из которых исходит из начала координат, начало второй смещено вверх по оси частот. Поверхностная волна является двухмодовой и каждая ее мода обладает дисперсией, так как скорости обеих мод зависят от частоты. Согласно обеим моделям, объемная сдвиговая волна обладает дисперсией. Для градиентно-упругой среды при возрастании частоты скорость каждой моды поверхностной волны увеличивается и, если скорость нижней моды выходит снизу на горизонтальную асимптоту, скорость верхней моды сначала достигает максимума и только затем выходит сверху на эту горизонтальную асимптоту. При любом ненулевом значении волнового числа (или частоты) фазовая скорость сдвиговой волны больше скорости сдвиговой волны в классической среде. Скорости поверхностной волны не может быть больше фазовой скорости сдвиговой волны, а их равенство выполняется лишь в определенном частотном диапазоне. В редуцированной среде Коссера скорость верхней моды поверхностной волны с ростом частоты увеличивается и на больших частотах она возрастает неограниченно. Скорость нижней моды поверхностной волны уменьшается с ростом частоты, но во всем частотном диапазоне она остается больше фазовой скорости волны сдвига.

25.05-01.80 Схема Аракавы—Лэмба в приложении для стратифицированной несжимаемой жидкости при отсутствии трения. *Демьяшев С.Г. Мор. гидродиф. ж.* 2025. 41, № 3, с. 346-357. Рус.

Цель. Проведены обобщение схемы Аракавы—Лэмба для дискретных уравнений горизонтальных компонент трехмерно-абсолютного вихря скорости идеальной жидкости и анализ их свойств. Методы и результаты. Для вывода конечно-разностных трехмерных уравнений вихря скорости используется переопределенная сетка, что позволяет получить дискретные уравнения движения, следствием которых является уравнение для абсолютного вихря скорости. Полученная форма записи представлена в виде трех слагаемых, которые отражают разные свойства дискретных уравнений. Первое слагаемое обеспечивает выполнение для дискретной постановки закона сохранения энергии, второе — наличие двух квадратичных инвариантов для случая бездивергентного течения, прибавление третьего слагаемого приводит к схеме Аракавы—Лэмба при приближении мелкой воды. Из представленной записи следует, что второе и третье слагаемые, для которых нет аналогов в непрерывной постановке, могут интерпретироваться как приближение нуля со вторым порядком точности. Тем самым с помощью

подбора этих выражений есть возможность строить схемы с нужными свойствами сохранения. Выводы. Форма записи дискретного уравнения трехмерного абсолютного вихря скорости позволяет конструировать схемы с заранее заданными свойствами. Получены разностные уравнения для горизонтальных компонент вихря скорости, обладающие двумя квадратичными инвариантами.

25.05-01.81 Высокоизбирательные самосогласующие фильтры на основе поверхностных акустических волн с малыми потерями для короткого и сверхкороткого диапазона волн. High-selective self-matching filters based on surface acoustic waves with low losses for short and ultra-short wave range. *Dobershtejn S.A., Malyukhov V.A., Nikolaenko K.V. Приборы и техника эксперимента.* 1991. 34, № 2, с. 231-232. Англ.

The developed filters based on acoustic waves was designed for operating in radioreceiver input circuits in the range of short and ultra-short waves, in portable and moving receivers-transmitters, frequency synthesizers, intermediate frequency tracts of domestic receivers. The specific feature of filters was the receiving of active input impedances in transmission band without using matching LC-components. It was reached by selection for piezoelectric prescribed section of certain number of electrode couples in input and output converters.

См. также **25.05-01.15, 25.05-01.17**

Акустоэлектроника

25.05-01.82 Мембранный пьезоэлектрический MDS-актюатор с плоской двойной спиралью взаимодействующих электродов. *Паньков А.А. Механика твердого тела.* 2024, № 2, с. 139-165. Рус.

Представлена принципиальная схема и математическая модель функционирования нового пьезоэлектрического мембранного (MDS) актюатора с двойными спиральями (DS) электродов на верхней и/или нижней поверхностях тонкого пьезоэлектрического слоя с осесимметричной и периодической (с малым периодом) по радиальной координате взаимобратной электрической поляризации. Поляризация слоя осуществлена в результате подключения поляризующего значения электрического напряжения к выходам двойных спиралей электродов. Электроды каждой (верхней и нижней) двойной спирали MDS-актюатора выполнены в виде электродированных ленточных покрытий на поверхностях пьезоэлектрического слоя в непосредственной близости друг от друга (что обусловлено малым шагом спирали) для создания высоких значений напряженности электрического поля вдоль силовых линий в локальных областях пьезоэлектрического слоя между ними при подключении к электродам переменного или постоянного управляющего электрического напряжения, в частности с положительным и отрицательным значениями электрических потенциалов. Важным является то, что силовые линии электрического поля и, как следствие, поляризация пьезоэлектрического слоя MDS-актюатора ориентированы в основном вдоль (т.е. по направлению или против) радиальной координаты мембраны, в отличие от многих традиционных схем актюаторов. Результаты численного моделирования для круглой упругой мембраны с установленными на ее верхней и нижней поверхностях пьезоэлектрическими актюаторами подтвердили эффективность предложенного пьезоэлектрического MDS-актюатора при его функционировании по схеме "биморф" в том числе с использованием предложенного нового конструктивного элемента (секции) — пьезоэлектрического MDS-"кольца поджатия" при различных геометрических и управляющих параметрах. Выявлен эффект значительного увеличения прогиба мембраны с установленными пьезоэлектрическими MDS-актюаторами по сравнению с использованием традиционных однородных пластинчатых пьезоэлектрических актюаторов биморфного типа для различных условий закрепления мембраны, в частности неподвижного (жесткого) закрепления ее центра. Для гибридного пьезоэлектрического MDS-актюатора, включающего в себя независимые концентрические круговую и кольцевую (т.е. "кольцо поджатия") секции, выявлен немонотонный характер и осуществлен численный ана-

лиз нелинейной зависимости наибольшего прогиба в центре шарнирно-неподвижно закрепленной по краю мембраны от отношения радиусов ее круговой и кольцевой MDS-секций. Выявлены случаи, при которых проявляется эффект "кольца поджатия" т.е. когда максимальный прогиб мембраны с "кольцом поджатия" превышает наилучшее возможное значение прогиба этой мембраны без его использования по традиционной схеме "биморф". Новый пьезоэлектрический MDS-актюатор может быть использован в микромеханике, управляемой оптике, сенсорной технике, акустике, в частности при изготовлении пьезоэлектрических акустических или сенсорных элементов мембранного типа, электромеханических преобразователей для сбора вибрационной энергии.

25.05-01.83 Автоматизированный стенд для измерения реакции акустоэлектронного датчика на воздействие водных растворов хлорида натрия различной концентрации. *Дацук Е.Р., Горбачев И.А., Смирнов А.В. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2025. 17, № 2, с. 161-166. Рус.

Создан автоматизированный стенд для измерения реакции акустоэлектронного датчика на воздействие водных растворов хлорида натрия различной концентрации. Проведено сравнение показаний датчика, полученных при использовании автоматизированного стенда, с эталонными показаниями датчика, полученными вручную. Показано, что автоматизированный стенд дает стабильный, повторяемый и точный результат в диапазоне скоростей потока жидкости в установке 1–5 мл/мин. Используемый акустоэлектронный датчик является наиболее чувствительным к изменению концентрации водного раствора хлорида натрия в диапазоне от 0 до 0.3 моль/л. Полученный автоматизированный стенд позволяет упростить и ускорить проведение измерений. В дальнейшем идея автоматизированного стенда на основе акустоэлектронного датчика может быть использована для создания системы долговременного мониторинга свойств воды или других невязких жидкостей.

25.05-01.84 Кремниевый датчик микрокапель летучих жидкостей. *Воронова Н.В., Анисимкин В.И., Горцев Е.С., Тельминов О.А., Горбачев И.А., Кузнецова И.Е. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2025. 17, № 2, с. 167-172. Рус.

Исследована возможность идентификации жидких веществ по эффективности их испарения с кремниевой подложки. В качестве тестовых использованы две конструкции датчика. Первый тип датчика представляет собой кремниевый стержень с термозолированными боковыми стенками, нагруженный жидкостью с одного из торцов и зондируемый объемной акустической волной. Второй датчик представляет собой кремниевую пластину, нагруженную жидкостью с одной стороны, и зондируемую поверхностной акустической волной, распространяющейся с противоположной стороны пластины. Показано, что в обеих структурах благодаря высокой теплопроводности кремния температурные изменения испаряющегося вещества передаются практически без изменений зондирующим волнам, меняя их скорость. Установлено, что в ходе основного этапа испарения температура капли практически не меняется, а на последнем этапе она испытывает квазипериодические температурные вариации, сопровождаемые разрывами капли на отдельные островки и их бурным исчезновением. Измерены температура и скорость испарения капель этилового спирта, изопропилового спирта, ацетона и n-гексана объемом порядка 10 мкл.

25.05-01.85 Конструкционные особенности сенсорных элементов на основе акустических линий задержки на волнах в пластинах. *Дацук Е.Р., Смирнова А.В., Маркушев В.М., Смирнов А.В. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2025. 17, № 2, с. 173-182. Рус.

Исследовано влияние конструкционных особенностей акустоэлектронного датчика на волнах в пластинах на его сенсорные свойства. Дана оценка вклада каждой из сторон пластины или ее частей (область между ВПП с лицевой стороны, с тыльной стороны и т.д.) на величину отклика датчика при воздействии паров воды и жидкости. В случае отсутствия сенсорного покры-

тия на поверхности пьезоэлектрика наибольшую чувствительность демонстрирует лицевая часть, за счет взаимодействия паров воды с электродной системой. В случае изоляции области пластины с электродной системой отклик на воздействие паров воды на поверхность линии задержки отсутствует. При формировании в пространстве между преобразователями сенсорного покрытия на основе метаболитов высших грибов, как на лицевой, так и на тыльной стороне линии задержки, наибольшую чувствительность к парам воды демонстрирует тыльная сторона. При размещении ячейки с жидкостью на поверхности линии задержки показано, что большинство мод наиболее чувствительны к нанесению воды на полную площадь тыльной стороны пластины.

25.05-01.86 Влияние паров этанола и ацетона на свойства прямой и обратной акустических волн в структуре «пластина YX ниобата лития—пленка из мицеллия высших грибов». *Смирнов А.В., Дацук Е.Р., Смирнова А.В., Краснополянская Л.М. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2025. 17, № 2, с. 183-190. Рус.

Рассмотрены газочувствительные свойства прямой SH_1 и обратной A_1 акустических волн в пластине YX ниобата лития, нагруженной биопленкой на основе мицеллия высших грибов. Показана возможность использования акустоэлектронного устройства на основе одиночного встречно-штыревого преобразователя (ВШП) в качестве газочувствительного элемента. При отсутствии сенсорного покрытия на поверхности пьезоэлектрической пластины параметр S_{11} вышеуказанных волн не меняется при воздействии паров воды, этанола и ацетона в диапазоне от 7 до 20 МГц. При нанесении сенсорной пленки на основе мицеллия базидиальных грибов на сторону пластины свободную от ВШП параметр S_{11} обратной волны A_1 меняется в зависимости от толщины пленки. При этом величина данного параметра для прямой волны SH_1 остается неизменной. Величина изменения параметра S_{11} при воздействии насыщенных паров тестовой пробы воды для прямой волны SH_1 примерно в два раза выше, чем для обратной A_1 . Однако, нижний предел обнаружения паров воды для обратной волны 4.32 г/м³, в то время как для прямой волны он составляет лишь 7.59 г/м³.

25.05-01.87 Исследование квазистатических колебаний пьезоэлектрического диска с использованием конечно-элементного моделирования и лазерной интерферометрии. *Бражников А.М., Ганигин С.Ю. Известия высших учебных заведений. Приборостроение.* 2025. 68, № 4, с. 333-341. Рус.

Исследованы квазистатические колебания пьезоэлектрического диска с несколькими электродами с целью определения их оптимальной конфигурации при работе пьезоэлемента в составе устройства. Первым критерием оптимальности выступает величина осевых деформаций геометрического центра поверхности пьезоэлемента. Вторым критерием выбрана величина напряжения отклика, снимаемая с электрода обратной связи пьезоэлемента. Построена конечно-элементная модель пьезоэлектрического преобразователя в программном продукте Ansys Workbench. Рассчитаны значения напряжения отклика и амплитуды осевых деформаций при различных конфигурациях электродов. Проведены экспериментальные исследования напряжения отклика при работе преобразователя на частоте резонанса 1200 Гц и на частоте много ниже частоты резонанса — при 300 Гц. С помощью методов лазерной интерферометрии экспериментально исследованы значения осевой деформации. Исследование деформации проводилось при частоте 400 Гц. Результаты моделирования и экспериментов показали сходные тенденции. Расхождение результатов моделирования с экспериментальными данными обусловлено отличием реальных значений пьезомодулей от справочных данных производителя. Полученные результаты позволяют сформулировать рекомендации по расположению и назначению электродов дисковых пьезоэлектрических преобразователей.

25.05-01.88 Исследование акустических свойств Ван-дер Ваальсовых гетероструктур, содержащих монослой WSe_2 , методом гиперзвуковой микроскопии. *Фролов Н.Ю., Клоков А.Ю., Шарков А.И., Николаев С.Н., Чернопицкий М.А., Ченцов С.И., Пу-*

гачев М.В., Шуплецов А.В., Кривобок В.С., Кунцевич А.Ю. Прикладная физика. 2025, № 2, с. 90-96. Рус.

Для исследования упругих свойств слоистой гетероструктуры $Al/hBN/WSe_2$ (монослой)/ hBN/Al_2O_3 использовалась пикосекундная ультразвуковая методика. В процессе эксперимента измерялись временные зависимости изменения фазы коэффициента отражения образца, вызванные распространением упругого импульса, который возбуждался фемтосекундным лазером. Построение карты пространственного распределения модуля спектральных компонент Фурье-спектра отклика для различных частот позволило локализовать область гетероструктуры, содержащей в себе монослой WSe_2 . Используя математическую модель отклика многослойной структуры, были оценены упругие параметры гетероструктуры $Al/hBN/WSe_2$ (монослой)/ hBN/Al_2O_3 , в частности жесткости интерфейсов слоев. Ключевые слова: пикоакустика; лазерный гиперзвук; механические свойства; Ван-дер Ваальсовы гетероструктуры; монослой. DOI: 10.51368/1996-0948-2025-90-96.

25.05-01.89 Влияние расстояния между секциями фазированного излучателя ультразвука на число разрешённых элементов акустооптического дефлектора. *Никитин П.А. Оптический журнал.* 2025. 92, № 2, с. 16-24. Рус.

Предмет исследования. Акустооптический дефлектор на основе оптически изотропной среды, использующий секционированный фазированный излучатель ультразвука. Цель исследования. Определение оптимального зазора между секциями излучателя ультразвука для реализации эффективного дефлектора терагерцевого излучения. Метод. Численное моделирование акустооптического взаимодействия в режиме малой эффективности дифракции. Основные результаты. Влияние зазора между секциями и числа секций излучателя ультразвука на число разрешённых элементов убывает с увеличением числа секций и не превышает 10%. Практическая значимость. Определяющим критерием выбора оптимального зазора между секциями излучателя ультразвука для акустооптического дефлектора является эффективность дифракции и угловое разделение пучков излучения на выходе устройства. Ключевые слова: акустооптическое взаимодействие, дифракция, акустическое поле, секционированный излучатель.

25.05-01.90 Влияние одноосного механического давления на характеристики волн Лэмба и SH-волн в слоистых пьезоэлектрических структурах $Al|AlN|алмаз$. *Бурков С.И., Плетнев О.Н., Турчин П.П., Турчин В.И. Физика твердого тела.* 2025. 67, № 6, с. 951-957. Рус.

Исследовано влияние одноосного механического давления на дисперсионные характеристики волн Лэмба и SH-волн в многослойных пьезоэлектрических структурах при разных вариантах приложения одноосного механического давления. Отмечены условия приложения одноосного механического давления, при которых изменения фазовых скоростей волн Лэмба и SH-волн максимальны либо отсутствуют, что может иметь большое значение для разработки управляемых акустоэлектронных устройств. Ключевые слова: многослойные структуры, нитрид алюминия, гибридизация, обратные акустические волны.

25.05-01.91 DFT исследования нелинейно-оптических, пьезоэлектрических и фотоупругих свойств гексагональных $M_2(NO_3)(OH)_3$ ($M=Sr, Ba$). *Журавлев Ю.Н., Гвоздиков Е.В. Физика твердого тела.* 2025. 67, № 7, с. 1169-1183. Рус.

В рамках теории функционала плотности методом связанных возмущений Хартри—Фока/Кона—Шэма в базе локализованных орбиталей, с использованием градиентного PBE с дисперсионной поправкой D3(BJ) и гибридных PBE0, V3LYP функционалов вычисляются структурные, электронные, колебательные, диэлектрические, упругие и пьезоупругие свойства гексагональных $Sr_2(NO_3)(OH)_3$, $Ba_2(NO_3)(OH)_3$. На основании полученных из первых принципов данных устанавливаются корреляции между микроскопическими структурными и макроскопическими нелинейными оптическими, механическими, электромеханическими характеристиками. Ключевые слова: функционал плотности, NLO кристаллы, диэлектрическая

проницаемость, коэффициенты SGN, упругие постоянные, пьезоэлектрические константы, гидроксиды нитратов.

25.05-01.92 Калибровка пьезоэлектрических широкополосных полевых шахтных акустических датчиков и их практическое применение. *Маамудов Х.Ф., Савельев В.Н. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2024. 166, № 4, с. 712-719. Рус.

Разработан алгоритм, оптимизирующий использование пьезоэлектрических широкополосных датчиков в природных условиях. Измерена амплитуда объемных продольных волн от эталонного источника в лабораторных условиях для определения коэффициента чувствительности пьезоэлектрических широкополосных датчиков. Установлены возможность и целесообразность использования этих датчиков для практического применения в горных выработках. Создан переносное полевое оборудование и адаптированы методы лабораторной калибровки, мы успешно диагностировали отдельные линии стационарной системы акустико-эмиссионного автоматизированного мониторинга подземных сооружений в полевых условиях. Предложен алгоритм действий и обоснован способ адаптации разработанных лабораторных приемов для горных выработок с бетонной обделкой, образующих подземные сооружения. Ключевые слова: акустическая эмиссия, мониторинг, калибровка, упругая волна.

25.05-01.93 Акустооптический модулятор поляризации света. Acoustooptical modulator of light polarization. *Mednikov A.M., Abrosimov I.N., Saatov E.A., Petukhov M.V. Приборы и техника эксперимента.* 1991. 34, № 2, с. 0. Англ.

The modulator was described applied to polarization measurements. The modulator was made of melted quartz resonating at the frequencies from 55 up to 60 kHz, the resonance quality factor was of 10^3 – 10^4 . The oscillations were excited by piezoceramic components master oscillator supplied. The modulation amplitude was controlled by analogous signal or digital code. The light beam diameter did not exceed 10 mm.

25.05-01.94 Широкополосный усилитель мощности для акустико-оптических систем. Broadband power amplifier for acoustic-optical systems. *D'yachko A.N., Melikhov S.V., Titov A.A. Приборы и техника эксперимента.* 1991. 34, № 2, с. 111-112. Англ.

The circuit for the amplifier with output power exceeding the power delivered to separate transistors was described. It was possible due to the application of superbroadband adder. The specifications of the amplifier were the following ones: working frequency range 150 kHz–230 MHz; amplification factor 45 DB; output power 25 W; power demand 250 W. To provide the optimum load impedance of channel amplifier output transistors the transformers with transformation factor 1:4 were connected between channel amplifiers outputs and adder.

25.05-01.95 Установка для акустического зондирования электрических полей в диэлектрических материалах. Installation for acoustic sounding of electric fields in dielectric materials. *Verkhoturov V.I., Grafodatskiy O.S., Zhukov V.K., Ekimenko V.Yu., Kargapol'tsev A.V., Rudenko V.N., Simanchuk V.I. Приборы и техника эксперимента.* 1991. 34, № 2, с. 186-190. Англ.

The installation was described permitting to study accumulation and relaxation processes of space charge and electric field connected with it. The spatial resolution of the installation when using OGM-20 laser was $\approx 100 \mu\text{m}$ for polymethylmethacrylate samples. The spatial resolution can be reached to several micrometers due to nanosecond LP-3 lasers, providing the formation in solid state media of acoustic signals of the length up to several nanoseconds and below. In connection with it the investigation of thin (tens-hundreds micrometers) dielectric and polymer films is possible.

25.05-01.96 Акустико-оптический синхронизатор мод с блоком управления. Acoustic optical mode synchronizer with control block. *Apolonskiy A.A., Sulajmanov R.T. Приборы и техника эксперимента.* 1992. 35, № 1, с. 237-238. Англ.

The synchronizer served for loss modulation in laser resonator

and thus to form light short pulse train. It was shown to be made of crystalline quartz with temperature factor of acoustic resonance shift less by half than in case of melted one. Moreover, it could be used in powerful laser systems especially in ultraviolet range. Synchronizer's dimensions and basic frequency of piezotransformer of lithium molybdate permitted to use it in powerful lasers with active medium up to 0–15 mm a resonator length of 1–10 m. Control block included: quartz generator, amplifier of 25 Wt for load of 10–100 Ohm, recording system of high-frequency synchronizer-reflected power, temperature control block.

25.05-01.97 Блок управления акустооптическим модулятором. Control block acoustic optical modulator. *Ivanov A.I., Shcherbakov Yu.M. Приборы и техника эксперимента.* 1992. 35, № 1, с. 241. Англ.

The block was designed for forming radiofrequency signal the amplitude of which was proportional to input signal. Carrier frequency was $80 \pm 0.5 \text{ MHz}$ ($160 \pm 1 \text{ MHz}$); frequency drift and extraneous frequency modulation was $< 0.5\%$; maximal peak output power was 5 Wt (2.5 Wt); manual adjustment of output power was 10 dB; modulation depth of output radiofrequency signal was 99%; non-linearity of modulation property in dynamic range was $20 \text{ dB} \pm 5\%$; modulation frequency band by level of 1 dB was 0-10 MHz; amplitude of modulating signal at input resistance of 75 Ohm was 0–1.4 V; amplitude stability of output signal in case of any fixed level output power was $\pm 2\%$.

См. также **25.05-01.16, 25.05-01.61**

Акустические явления в метаматериалах

25.05-01.98 Солитоноподобные дисперсионные волны Лэмба в анизотропном слое. *Ильяшенко А.В. Механика твердого тела.* 2025, № 4, с. 115-127. Рус.

Для анизотропного слоя с произвольной упругой анизотропией построены дисперсионные соотношения для гармонических плоских волн Лэмба, проведен анализ решений для симметричной фундаментальной моды при бесконечно малой частоте (солитоноподобные волны). Дисперсионные уравнения для волн Лэмба, в том числе соответствующие предельные значения, получены в явном виде.

25.05-01.99 Метаматериалы в действии — возможности применения. *Кольцов Ю.В. Научно-технические ведомости СПбГПУ.* 2025. 27, № 2, с. 59-79. Рус.

Постановка проблемы. Работа посвящена уникальным структурам — метаматериалам, необыкновенные возможности которых позволили экспериментально выявить новейшие эффекты за последние несколько лет. Цель. Подробно рассмотреть наиболее интересные эффекты с использованием метаматериалов и изготовленные устройства на их базе в самых разных средах (в воздухе и воде) и диапазонах частот (электричество и звук, свет и инфракрасное излучение и пр.). Результаты. Показано, что большое количество новых эффектов с подробным описанием их особенностей позволяют говорить о широком применении метаматериалов в технике для замены традиционных громоздких и тяжелых устройств на новые плоские, легкие и миниатюрные устройства, а также о разработке принципиально новых устройств. Отмечено, что метаматериалы способны точно настраивать и контролировать распространение электромагнитных, оптических и акустических волн, имеют механическое применение. Практическая значимость. Рассмотрение новейших метаэффектов позволяет по-новому взглянуть на практическое использование метаматериалов, а также стимулирует появление более совершенных технологий и новых идей применения метаматериалов, которые, при огромном разнообразии возможностей, способны на практике, например, полностью повторить работу живых организмов, хотя метаматериалы в природе не встречаются. Эксперименты последних лет показывают, что метаматериалы можно настроить таким образом, что они начнут взаимодействовать не только со световым и тепловым, рентгеновским или ультрафиолетовым излучениями, но и с магнитным полем, а также порождать любопытные квантовые эффекты. Достижения последних лет создают основу для крупносерийного промышленного производства различных устройств на базе метаматериалов.

См. также 25.05-01.8, 25.05-01.36, 25.05-01.37, 25.05-01.38

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

25.05-01.100 Применение методов оптической обработки информации для анализа акустических сигналов изделий машиностроения. *Иванов Р.А., Горбачёв А.А.* *Оптический журнал.* 2025. 92, № 6, с. 23-33. Рус.

Предмет исследования. Обработка акустического сигнала машиностроительных изделий с помощью оптико-голографических методов формирования проекционного изображения на фотоприёмнике. Цель работы. Разработка прибора для создания акустического портрета работающего изделия машиностроения на основе голографической интерферометрии. Метод. Для анализа спектра акустического сигнала работающих изделий машиностроения использовалась голографическая интерферометрия. Основные результаты. Был разработан оптический процессор, который в реальном времени с помощью нелинейного элемента вида $F(x) = \cos(x) - \sin(x)$ создаёт интерферентную картину полного спектра акустического сигнала (от 0 до ∞ Гц) работающего изделия машиностроения на фотоприёмнике. Данный спектр после его оцифровки может быть использован для анализа акустического портрета работающего изделия. Практическая значимость. Разработка прибора для анализа акустического портрета работающего изделия машиностроения позволяет совершенствовать безразборные методы технического диагностирования изделий, а также прогнозировать их остаточный ресурс.

25.05-01.101 Акустооптический фильтр пространственных частот с минимальным потреблением акустической мощности. *Котов В.М., Аверин С.В., Белоусова А.С., Карачевцева М.В., Булюк А.Н., Воронко А.И.* *Оптический журнал.* 2025. 92, № 6, с. 87-96. Рус.

Предмет исследования. Исследуются энергетические возможности тангенциальной геометрии акустооптической брэгговской дифракции для двумерной оптической фурье-обработки оптических изображений. Цель работы — разработать акустооптический фильтр пространственных частот из кристалла парателлурита TeO_2 , обеспечивающий максимальную разрешающую способность при минимальном потреблении акустической мощности. Метод. В основе метода лежит использование уникальных свойств кристалла парателлурита, в частности — аномально низкой скорости акустической волны. Для увеличения разрешающей способности используется брэгговская дифракция на очень низкой частоте звука. Оказалось, что дифракция на минимальной частоте реализуется в тангенциальной геометрии. Это даёт возможность наилучшим образом осуществлять двумерную фильтрацию изображений в процессе их оптической фурье-обработки. Таким образом, достигаются одновременно две цели — максимальное увеличение разрешающей способности фильтра и обеспечение наилучших условий для двумерной обработки изображений. Основные результаты. Разработан и создан экспериментальный макет акустооптического фильтра пространственных частот на основе кристалла парателлурита, предназначенный для двумерной обработки изображений, переносимых на длине волны оптического излучения 633 нм. Экспериментально получен двумерный контур изображения в первом дифракционном порядке на частоте звука 9,9 МГц. Практическая значимость. Разработанный фильтр позволяет обрабатывать двумерные изображения на минимальной частоте звука с минимально потребляемой акустической мощностью. При этом операции над двумерными изображениями выполняются с максимальной разрешающей способностью.

25.05-01.102 Оценка параметров акустооптического фокусирующего устройства видимого излучения. *Никитин П.А.* *Оптический журнал.* 2025. 92, № 9, с. 35-43. Рус.

Предмет исследования. Акустооптическое фокусирующее устройство, использующее линейно-частотное модулированную ультразвуковую волну. Цель исследования. Определение параметров акустооптического фокусирующего устройства для

оценки вносимых им aberrаций. Метод. Численное моделирование акустооптического взаимодействия в режиме малой эффективности дифракции. Основные результаты. Разработана модель, учитывающая длину акустооптического взаимодействия, а также дифракционные эффекты. Показано, что фокальное пятно представляет собой полосу с сильно асимметричной структурой, а волновой фронт в пятне имеет наклон около 4° относительно волнового фронта исходного пучка. Использование наклонного падения излучения на фокусирующее устройство уменьшает размер пятна примерно в 2 раза — до 17 мкм по уровню 84% функции концентрации энергии, а структура фокального пятна становится симметричной. Практическая значимость. Полученные результаты могут быть использованы при разработке адаптивных оптических систем.

25.05-01.103 Метод оптоакустической спектроскопии в исследовании супрамолекулярных систем на основе кукурбитурилов. *Крюков И.В., Сапожников О.А., Иванов Д.А., Петров Н.Х.* *Приборы и техника эксперимента.* 2024, № 4, с. 166-172. Рус.

Работа посвящена оптоакустическому исследованию особенностей поглощения лазерного излучения в водном растворе комплекса включения стирилового красителя в кукурбитуриле. Исследования проводились на экспериментальной установке, где в качестве лазера накачки использовался фемтосекундный регенеративный усилитель на хром-форстерите (Cr:F). Использовалась третья гармоника излучения с длиной волны 420 нм и длительностью импульсов 130 фс. Оптоакустическая генерация проводилась в кварцевой кювете с исследуемым раствором, а приемником акустического сигнала являлась плоская пьезокерамическая пластина с резонансной частотой 1 МГц. Сравнились оптоакустические сигналы в растворе чистого стирилового красителя Кр.1 и того же красителя при наличии комплексов с кукурбитурилом. Показано, что при одинаковой оптической плотности растворов комплексобразование приводило к более чем двукратному снижению оптоакустического отклика.

25.05-01.104 Лазерный интерферометр для измерения акустического давления в газе. A laser interferometer for measuring acoustic pressure in a gas. *Avdoshin E.S.* *Приборы и техника эксперимента.* 1991. 34, № 4, с. 156-160. Англ.

A design of a light guide acoustic radiometer based on a two-channel optical gas-filled interferometer where laser radiation modulation is performed by acoustic pressure on a gas is described. The accuracy of measuring acoustic pressure in the range 20–15 dB is 0.2%. Interferometer optical elements are combined in a common casing, where the measurement of phase difference of measuring and reference channels is done in case, when membrane vibrations take place due to the acoustic pressure. Practically the radiometer is not susceptible to vibrations.

25.05-01.105 Акустооптический анализатор спектров радиосигналов. Acoustooptical analyzer of radiosignal spectra. *Душчок Я.И., Онуфриев А.В., Якубовский М.И.* *Приборы и техника эксперимента.* 1991. 34, № 5, с. 202-203. Англ.

An analyzer is designed for analyzing both continuous and impulse signals in a wide frequency range. The analyzer fields of application are: development of wide-band spectra analyzers to study on different physical processes, radioastronomy investigations, development of panning radioreceivers operating in real time scale. The analyzer is connected in the spatial integrating circuit and comprises optical radiation source, prismatic optical beam shaper, acoustooptical modulator, Fourier long-focal length lens, photoreceiver, read-out and signal processing circuit.

См. также 25.05-01.61, 25.05-01.65, 25.05-01.84, 25.05-01.93, 25.05-01.94, 25.05-01.95, 25.05-01.96, 25.05-01.97

Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

25.05-01.106 Импульсный фотоакустический метод определения теплопроводности. A pulse photoacoustic method for determination of thermal conductivity. *Korobov A.I.,*

Odina N.I., Kokshajskij I.N. Приборы и техника эксперимента. 1994. 37, № 3, с. 187-192. Англ.

There is described an automatized experimental installation intended for determination of the solid thermal conductivity using analysis of the amplitude spectrum of the photoacoustic signal obtained using fast Fourier transform. The installation includes a pulse laser, a gasomicrophone cell, a digital storage oscilloscope and a controller run into a computer by a parallel interface.

См. также **25.05-01.28, 25.05-01.61**

Источники ультра- и гиперзвука, аппаратура и методы измерений

Акустика океана, гидроакустика

25.05-01.108 Итерационное определение акустических параметров водоема по данным измерения полей некогерентных источников. *Дмитриев К.В. Акустический журнал. 2024. 70, № 5S, с. 12. Рус.*

Акустическая томография представляет собой метод дистанционного определения параметров акватории. Для этого акустическое поле измеряется набором приемников, которые располагаются, как правило, на ее границах. В активном режиме наряду с приемниками измерительная система содержит источники звука. На практике такие системы оказываются достаточно сложными и дорогими, поэтому в последнее время получили развитие методы пассивной томографии. Они основаны на обработке уже присутствующего в акватории акустического поля, созданного различными случайными источниками естественного и антропогенного происхождения. В методе шумовой интерферометрии анализируются корреляционные функции сигнала для всех пар приемников. Это позволяет определить мнимую часть соответствующих функций Грина, что служит исходными данными для решения обратной задачи рассеяния. Однако данный метод накладывает ограничения на наличие поглощения и требует изотропии акустического поля в среде. В настоящей работе рассматривается более общий случай, когда акустическое поле анизотропно, но для части его источников известна их функция когерентности. Это позволяет записать уравнение типа Липпмана—Швингера для функции когерентности акустического поля. Оно может быть линеаризовано и решаться итерационно путем последовательного уточнения функций Грина, функций когерентности поля в неоднородной среде и ее акустических характеристик. Моделирование показывает хорошее качество восстановления неоднородностей малой и средней силы и устойчивость метода к случайным шумам во входных данных.

Звук в глубоком море, подводный звуковой канал

25.05-01.109 О критериях выбора параметров зондирующих сигналов для гидроакустической системы температурного мониторинга акваторий Японского моря. *Безответных В.В., Голов А.А., Тагильцев А.А., Моргунов Ю.Н. Акустический журнал. 2025. 71, № 3, с. 383-391. Рус.*

Статья посвящена определению оптимальных параметров зондирующих сигналов гидроакустической системы мониторинга температурных режимов морских акваторий тысячекилометровых масштабов. Представлены результаты моделирования помехоустойчивости сложных сигналов различной длительности и разрешающей способности. Приведены результаты моделирования и натурных испытаний на акустической трассе протяженностью 1073 км в Японском море. Показано влияние импульсной характеристики волновода на помехоустойчивость сигналов с различной разрешающей способностью. Определены предпочтительные последовательности зондирующих сигналов.

См. **25.05-01.60**

Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

25.05-01.107 Влияние ультразвука на откачку электронных приборов. *Шешин Е.П., Неуймин Г.Г., Ли И.П., Шуманов А.В., Ханбеков И.Ф. Тр. МФТИ. 2025. 17, № 2, с. 173-183. Рус.*

Составлен обзор источников по теме увеличения эффективности откачки электронных приборов путём воздействия ультразвуковыми волнами на их внутреннее пространство. Ключевые слова: вакуумная электроника, откачка, электронные приборы, ультразвук, десорбция, диффузия.

См. также **25.05-01.12**

Акустика мелкого моря

25.05-01.110 Обнаружение и локализация шумового подводного источника в мелководной акватории на фоне интенсивного судоходства. *Матвиевко Ю.В., Кузькин В.М., Переселков С.А., Ладыхин Н.В., Грачев В.И. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. 17, № 2, с. 211-220. Рус.*

Приведены результаты эксперимента по контролю подводной обстановки мелководной акватории в условиях интенсивного судоходства. Гидроакустическая приемная система состояла из трех одиночных векторно-скалярных приемников, размещенных в горизонтальной плоскости. Обнаружение и локализация малозумного малогабаритного подводного аппарата по его шумовому полю осуществлялась с применением голографической обработки шумовых сигналов. Обработка позволила реализовать обнаружение, пеленгование и разрешение подводного аппарата при малом входном отношении сигнал/помеха на фоне интенсивного судоходства.

25.05-01.111 Оценка дальности обнаружения подводного источника шума в мелководной акватории с нерегулярной батиметрией. *Кузькин В.М., Переселков С.А., Косенко И.М., Грачев В.И., Переселков А.С. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. 17, № 3, с. 321-330. Рус.*

В рамках голографической обработки широкополосных сигналов изложена методика определения максимальной дальности обнаружения подводного шумового аппарата в неоднородной мелководной акватории. В случае нерегулярной батиметрии в форме прибрежного клина, обуславливающего горизонтальную рефракцию мод звукового поля, на основе численного моделирования выполнена оценка максимальной дальности обнаружения. В качестве приемного модуля использованы одиночный приемник и малогабаритная антенна. Выявлена предельная дальность, ограничивающая применимость голографической обработки. Оценено входное отношение сигнал/помеха, при котором достигается максимальная дальность обнаружения. Для максимальной дальности обнаружения по критерию Неймана—Пирсона вычислены вероятности правильного обнаружения при заданных вероятностях ложной тревоги. Выполнен сравнительный анализ дальности обнаружения в условиях регулярной и нерегулярной акватории.

25.05-01.112 Результаты оценки погрешности гидроакустической навигационной системы с короткой базой в прибрежной зоне. *Родионов А.Ю., Кирьянов А.В., Гребенюк И.В., Пестов Д.А. Морские интеллектуальные технологии. 2025, № 4-4, с. 77-82. Рус.*

Рассматривается вопрос оценки погрешности позиционирования подводных аппаратов при проектировании гидроакустической навигационной системы для прибрежных акваторий. На основе анализа сценария применения предлагается использо-

вать навигационную систему с короткой базой системы. Проведены расчеты погрешности позиционирования для различных дистанций до аппарата. Исходя из полученных результатов для повышения точности позиционирования предложено использовать дополнительный гидроакустический маяк ответчик. Ключевые слова: гидроакустическая навигация и связь, навигационная система с короткой базой, позиционирование подводных аппаратов.

25.05-01.113 Возбуждение внутренних волн в неглубоком морском бассейне с открытым входом в условиях параметрического резонанса. Новотрясов В.В. Мор. гидрофиз. жс. 2024. 40, № 5, с. 690-705. Рус.

Цель. С использованием данных натурных измерений показать, что в заливе Посьета под воздействием сейшевых колебаний его уровня в осенний период в условиях параметрического резонанса возбуждаются внутренние волны (ВВ). Методы и результаты. Методами спектрального анализ установлен ряд частот ВВ, близких к частотам самых интенсивных сейшевых колебаний залива. Для горизонтальной компоненты орбитальной скорости ВВ получено уравнение Матве и выполнен его анализ. Для условий наблюдения ВВ сформулированы необходимые и достаточные условия реализации параметрического резонанса в модельном бассейне, аппроксимирующем залив Посьета. Проверка этих условий показала, что в заливе в осенний период выполнены как необходимое, так и достаточные условия параметрического резонанса между ВВ и сейшевыми колебаниями уровня. Выводы. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что в осенний сезон в заливе Посьета ряд частот ВВ близок к частотам свободных колебаний уровня залива. Показано, что баротропные течения, индуцированные сейшевыми колебаниями, могут возбуждать внутренние волны посредством параметрического резонанса.

25.05-01.114 О влиянии свойств дна при акустической дальнометрии на мелководном арктическом шельфе. Сидоров Д.Д., Петников В.Г. Акустический журнал. 2025. 71, № 3, с. 406-415. Рус.

В рамках численных экспериментов исследовано влияние характеристик морского дна на точность определения расстояния между источником и приемником звука, находящимся в подводном положении. Используются экспериментальные данные о параметрах дна и профиле скорости звука в водном слое в летнее и зимнее (гидрологическое) время года в мелководной части Карского моря. В последнем случае учитывалось влияние ледового покрова. Установлено, что основная погрешность при определении расстояния на интервале 1–10 км связана с многомодовым (многолучевым) характером распространения акустических волн в звуковом канале между водной поверхностью и дном. Продемонстрировано, что эта погрешность уменьшается до нескольких метров в летнее время года и при водоподобном дне, когда скорости звука в водном слое и в морском дне близки друг к другу. Отмечено, что горизонтальная рефракция акустических волн, обусловленная поперечными неоднородностями дна, также приводит к ошибкам при определении расстояния, хотя и в меньшей степени.

Взаимодействие звука с внутренними волнами и течениями

25.05-01.115 Измерение характеристик короткопериодных внутренних волн при помощи массива дрейфующих термопрофилирующих буев. Свергун Е.И., Зимин А.В., Мотыжев С.В., Толстошеев А.П., Лунев Е.Г., Воликов М.С. Мор. гидрофиз. жс. 2025. 41, № 3, с. 378-394. Рус.

Цель. Описаны технические характеристики быстро разворачиваемой автономной гидрофизической измерительной системы на базе массива дрейфующих буев и методика анализа данных, получаемых на ее основе, для исследования характеристик короткопериодных внутренних волн. Методы и результаты. Разработанная система построена на основе свободно дрейфующих поверхностных термопрофилирующих буев и станции автоматического приема информации. Каждый из буев имеет измерительную линию с восемнадцатью датчиками температуры и датчиком гидростатического давления, приемник глобаль-

ного позиционирования, систему сбора данных и спутниковый модем для передачи данных. Приемная станция состоит из блока приема информации, антенн спутниковой связи и системы глобального позиционирования, персонального компьютера со специализированным программным обеспечением. Представлена методика оценки характеристик короткопериодных внутренних волн на основе данных наблюдений автономной гидрофизической системы. Методика основана на измерении разницы во времени между прибытиями дуга волн на разные буи, определяемой по локальным максимумам скользящей дисперсии на глубине залегания пикноклина. Приведены примеры анализа данных наблюдений в большом термостратифицированном водоеме (Онежском озере) и в море (пролив Карские ворота). Представлены полученные оценки фазовой скорости и направления распространения внутренних волн, выполнено их сравнение с простейшими модельными оценками. Выводы. Разработанный комплекс программных и технических средств существенно упрощает работу по исследованию характеристик короткопериодных внутренних волн в крупных озерах и удаленных районах Мирового океана. Примеры применения системы показали ее универсальность. В перспективе буйковая группировка может быть дополнена новыми буями с дополнительными датчиками, что расширит возможности анализа данных наблюдений.

25.05-01.116 Влияние нетрадиционного приближения на перенос импульса внутренними волнами в сдвиговом потоке. Слепышев А.А., Шадт М.А. Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2024. 60, № 5, с. 601-610. Рус.

В приближении Буссинеска рассматриваются свободные внутренние волны в плоскопараллельном стратифицированном потоке при учете вращения Земли. Рассматривается аналитически разрешимая модель с линейным профилем скорости течения и однородной стратификацией, когда волна распространяется перпендикулярно потоку. Показано, что учет вклада горизонтальной составляющей угловой скорости вращения Земли в силу Кориолиса (нетрадиционное приближение) практически не изменяет дисперсионные кривые, однако вертикальный волновой поток импульса $w\theta$ несколько увеличивается. Эффект усиливается при приближении к экватору. В нетрадиционном приближении вертикальный поток импульса $w\theta$ не нулевой даже при отсутствии течения, в то время как в традиционном приближении он равен нулю.

См. также **25.05-01.113**

Статистическая гидроакустика

См. **25.05-01.115, 25.05-01.116**

Излучение колеблющихся под водой объектов, импеданс

25.05-01.117 Экспериментальное и численное исследование излучения и рассеяния звука погруженными в воду оболочками. Иваненков А.С., Кутузов Н.А., Потапов О.А., Родионов А.А., Салин М.Б., Усачева И.А. Акустический журнал. 2025. 71, № 3, с. 392-405. Рус.

Представлены результаты сравнительного анализа характеристик излучения и рассеяния звука модельным объектом, выполненного с использованием численного моделирования и экспериментальных данных. Описаны методы измерения и обработки сигналов, примененные для оценки диаграммы направленности (ДН) и параметров рассеяния. Проведено сравнение результатов численного моделирования и эксперимента, показавшее удовлетворительное согласование. Обсуждаются возможные причины расхождений и пути повышения точности моделирования.

Подводные приложения нелинейной акустики, взрывы

См. **25.05-01.13**

Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

25.05-01.118 Эндеогенные факторы влияния на ледовые условия навигации по Северному морскому пути. *Петрова А.А., Латышева О.В. Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 307-321. Рус.

Представлены результаты исследования влияния глубинных факторов на пространственно-временные закономерности формирования ледяного покрова криолитозоны Арктического шельфа. Основным источником ледовой информации являются спутниковые данные дистанционного зондирования, которые необходимы для решения научных и практических задач развития Северного морского пути. В работе проведен сравнительный анализ данных спутникового мониторинга толщины ледяного покрова с петрофизическими разрезами земной коры и литосферными магнитными аномалиями, измеренными на спутнике ШАМР. Для выявления особенностей строения литосферы, влияющих на формирование ледяного покрова, построены петрофизические разрезы, пересекающие зоны ускоренного таяния льда: плотностные по аномалиям силы тяжести, магнитные — по аномалиям модуля магнитного поля Земли. В зонах потенциального накопления газогидратов в Арктических морях Северного морского пути выявлены каналы влияния эндеогенного флюидодинамического фактора. Это позволило сделать прогноз районов возникновения чрезвычайных ситуаций глубинного происхождения, обусловленных миграцией флюидопотоков мантии. На основе анализа глубинных петрофизических разрезов в зонах развития газогидратов вблизи Северной морской транспортной магистрали авторами выделены сквозные талики на выходах термофлюидных каналов. На участках акватории моря Лаптевых, где по данным геохимических исследований подтверждены выходы метана глубинного генезиса, на глубинных разрезах прослежены субвертикальные траектории флюидопотоков, приближающихся к морскому дну с глубины 25–30 км. В процессе работы выполнена оценка наиболее вероятного расположения опасных природных явлений эндеогенного характера в зонах скопления газогидратов и в областях с высоким уровнем газонасыщенности придонных отложений в Баренцевом, Карском, Восточно-Сибирском, Чукотском морях и в море Лаптевых. Исследование влияния флюидодинамического фактора на ледовый режим Северного морского транспортного коридора позволит оптимизировать выбор наиболее безопасных транспортно-логистических трасс бесперебойного круглогодичного судоходства.

25.05-01.119 Упругопластическая модель льда с динамическим разрушением для моделирования нелинейных процессов во время низкоскоростного удара. *Elastoplastic ice model with dynamic damage for simulation of non-linear processes during a low-speed impact. Guseva Evgeniya K., Golubev Vasily I., Petrov Igor B., Epifanov Victor P. Журнал Сибирского Федерального университета. Математика и физика.* 2025. 18, № 2, с. 179-190. Англ.

Определение деформации льда в процессе приложения динамических нагрузок играет первостепенную роль для понимания многих процессов, происходящих в Арктическом регионе. Однако решение задачи выбора наиболее подходящей модели усложняется из-за происходящих структурных изменений, влияющих на поведение льда. Для отражения наблюдаемой локализации разрушений применяется динамический критерий Мизеса—Шлейхера для выделения гидростатического ядра в упругопластическом образце льда. Таким образом, также учитывается изменение прочности льда в зависимости от величины напряжений. В ядре в условиях всестороннего сжатия лед может крошиться, возможно образование микротрещин и рекристаллизация. Дополнительно учитывается трещинообразование в объеме материала с помощью критерия по главным напряжениям. Модель верифицируется на основе моделирования лабораторного эксперимента по низкоскоростному прямому удару. Основной особенностью данной работы является изучение влияния нелинейных процессов на динамику столкновения. Применение сеточно-характеристического метода позволяет точно разрешать образующиеся волны. В результате удалось продемонстрировать образование нелинейной волны, вызываю-

щей трещинообразование при прохождении через лед. К тому же, анализ деформационных кривых подтвердил возможность согласования расчетов с экспериментом. Ключевые слова: реология льда, нелинейные волны, критерий текучести Мизеса—Шлейхера, трещины, низкоскоростной удар.

25.05-01.120 Дифракция косых поверхностных волн на ледяном покрове при наличии течения со сдвигом скорости. *Ткачева Л.А. Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2025, № 1, с. 174-187. Рус.

Исследуется дифракция косых поверхностных волн на кромке упругой полубесконечной пластины, плавающей на поверхности жидкости конечной глубины при наличии течения с линейным сдвигом скорости. Построено точное аналитическое решение этой задачи методом Винера—Хопфа. Исследованы зависимости коэффициентов и углов отражения и прохождения от частоты при различных значениях угла набегающих волн и градиента сдвига.

25.05-01.121 Наблюдение волн цунами на тихоокеанском побережье России, возникших при извержении вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай 15 января 2022 года. *Медведев И.П., Ивельская Т.Н., Рабинович А.Б., Цуканова Е.С., Медведева А.Ю. Океанология.* 2024. 64, № 2, с. 197-216. Рус.

Извержение вулкана Хунга-Тонга-Хунга-Хаапай 15 января 2022 г. вызвало цунами, которое затронуло весь Тихий океан. Было установлено, что зарегистрированные волны цунами от этого события были сформированы как волнами, приходящими из района источника со скоростью океанских длинных волн (~200–220 м/с), так и атмосферной волной, распространяющейся со скоростью звука (~315 м/с). Такой двойной механизм источника создал серьезную проблему и явился настоящим вызовом для существующих служб предупреждения о цунами в Тихом океане. Подробно рассматривается работа Российской службы предупреждения о цунами (Южно-Сахалинск) во время этого события. Цунами было четко зарегистрировано на побережье северо-западной части Тихого океана и в прилегающих окраинных морях, включая Японское, Охотское и Берингово. В работе исследуются полученные с высоким разрешением (1 мин) записи 20 метеорографов и 8 станций атмосферного давления в этом регионе за период 14–17 января 2022 года. На российском побережье самые большие волны с высотой от подошвы до гребня 1.3 м были зарегистрированы на станциях Малокурильское (о. Шикотан) и Водопадная (юго-восточное побережье Камчатки). Используя методы численного моделирования и анализа данных, океанские «гравитационные» волны были отделены от «атмосферных» волн давления. В целом, было обнаружено, что на внешних (океанских) побережьях и южном побережье Охотского моря преобладают океанические волны цунами, в то время как на побережье Японского моря океанические и атмосферные волны цунами имеют близкие высоты.

25.05-01.122 Поведение плавающего ледяного покрова под действием внешних нагрузок (обзор). *Стурова И.В., Ткачева Л.А. Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 3, с. 3-55. Рус.

Представлен обзор теоретических и экспериментальных результатов, полученных российскими и зарубежными исследователями в последние десятилетия. Ледяной покров моделируется упругой пластиной. Основное внимание уделено изучению вынужденных гидроупругих волн, вызванных динамическими нагрузками на плавающую упругую пластину или возмущениями, создаваемыми погруженными в жидкость источниками DOI: 10.15372/PMTF202415617.

См. также **25.05-01.114**

Подводные шумы, механизмы генерации и характеристики полей

25.05-01.123 Пеленгование источника шума в мелководной акватории. *Кузькин В.М., Переселков С.А., Косенко И.М., Переселков А.С., Грачев В.И. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2025.

17, № 4, с. 455-462. Рус.

Описан голографический метод пеленгования шумового подводного аппарата с использованием двух векторно-скалярных приемников. Приведены результаты численного моделирования пеленгования на фоне малого входного отношения сигнал/помеха.

25.05-01.124 Угловое распределение спектральной плотности голограммы шумоизлучения подводного аппарата. *Кузькин В.М., Переселков С.А., Башкарев В.А., Ладыхин Н.В., Грачев В.И. Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии.* 2025. 17, № 4, с. 463-472. Рус.

Рассмотрено влияние параметров движущегося шумового подводного источника звука и обработки сигналов на формирование углового распределения спектральной плотности (функции обнаружения) голограммы в мелководной акватории. Установлена зависимость между координатой максимума и шириной полосы функции обнаружения с параметрами источника и параметрами обработки сигналов. Предложен метод определения числа синфазных мод, формирующих интерференционную структуру шумового поля источника. Введено понятие добротности функции обнаружения, характеризующее степень сжатия спектральной плотности сигнала на голограмме. Приведены результаты численного моделирования. Проведено сравнение результатов моделирования с численными оценками по определению характеристик функции обнаружения.

25.05-01.125 Метод оценки ожидаемых уровней виброшумовых характеристик судового оборудования. *Михайлина О.А., Попков С.В., Смирнов Ю.А., Тихомиров Ю.М. Труды Крыловского государственного научного центра.* 2025, № 2(412), с. 115-122. Рус.

Объект и цель научной работы. Объектом исследования являются ожидаемые уровни виброшумовых характеристик серии судовых центробежных вентиляторов (типы РСС, РСЦ). Цель состоит в разработке метода, позволяющего оценить минимальные, максимальные и средние уровни шума и вибрации оборудования. Материалы и методы. Материалом является группа судовых центробежных вентиляторов. Исследования проводились с использованием безразмерных критериальных зависимостей геометрически подобных вентиляторов одной серии. Основные результаты. Разработан метод оценки ожидаемых уровней виброшумовых характеристик судового оборудования на примере серии судовых центробежных вентиляторов. Заключение. Результатом работы является метод, который позволяет сравнительно просто производить оценку уровней виброшумовых характеристик судовых центробежных вентиляторов. Оценка этих уровней имеет большое значение при проектировании судового оборудования, которое должно удовлетворять предварительно заданным требованиям. В работе показано, что возможна оценка как минимальных, так и максимальных уровней, которые могут быть достигнуты для данного вида оборудования. Ключевые слова: судовое оборудование, центробежные вентиляторы, виброшумовые характеристики, критериальные зависимости, безразмерная спектральная плотность.

25.05-01.126 Оценка возможности исследований подводного шума судоходства с применением вертикальной аддитивной антенны. *Виноградов А.В., Голдовский В.З., Таровик В.И. Труды Крыловского государственного научного центра.* 2025, № 2(412), с. 123-133. Рус.

25.05-01.127 Акустическое совершенствование ограждения выдвигаемых устройств многоцелевых подводных лодок США. *Савенко В.В., Чижев В.Ю. Труды Крыловского государственного научного центра.* 2025, № 2(412), с. 142-156. Рус.

Объект и цель научной работы. Рассмотрено акустическое совершенствование ограждения выдвигаемых устройств (ОВУ) многоцелевых подводных лодок ВМС США, направленное на снижение его вклада в формирование первичного и вторичного гидроакустических полей подводных лодок (ПЛ). Материалы и методы. Анализ эволюции ограждения выдвигаемых устройств в ходе работ по снижению шумности и гидролокационного отражения первых поколений подводных лодок и обзор особенностей ограждения современных ПЛ США. Основ-

ные результаты. Выявлены основные технические решения по выбору конструкции и обводов ОВУ, реализованных на многоцелевых подводных лодках США различных поколений, которые способствовали улучшению их акустических характеристик. Заключение. Установлено, что акустическое совершенствование ОВУ способствовало существенному снижению его вклада в формирование первичного и вторичного гидроакустических полей современных многоцелевых атомных подводных лодок ВМС США. Ключевые слова: подводные лодки, ограждение выдвигаемых устройств, акустические характеристики. Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

25.05-01.128 Основные принципы построения трактов шумопеленгования гидроакустических комплексов подводных лодок с гибкой протяженной буксируемой антенной — обзор по материалам зарубежной печати. *Ясников А.И., Селезнев И.А. Гидроакустика.* 2025, № 60, с. 5-14. Рус.

Использование антенн, буксируемых на больших расстояниях от корпуса подводной лодки, позволяет значительно уменьшить влияние помех при работе гидроакустических систем. В статье приводится обзор режимов обнаружения с гибкими протяженными буксируемыми антеннами, работающих в режиме шумопеленгования и входящих в состав гидроакустических комплексов (ГАК) военно-морских сил зарубежных стран.

25.05-01.129 Распознавание обнаружения одиночного объекта в режиме шумопеленгования при использовании линейной антенны. *Шейнман Е.Л., Бобринков И.С. Гидроакустика.* 2025, № 60, с. 41-54. Рус.

Рассматривается задача распознавания обнаружения одиночного объекта в тракте кругового обзора режима шумопеленгования по результатам анализа отсутствия искажения формы сигнала, обнаруженного на статическом веере диаграмм направленности (ДН). Искажение формы сигнала определяется по таким параметрам, как ширина и асимметрия отметки сигнала, а также по наличию/отсутствию провалов уровня в отметке обнаруженного сигнала. Анализ проводился для наиболее сложного случая тракта кругового обзора линейной антенны с переменной шириной характеристики направленности, который формируется у гибкой протяженной буксируемой антенны. В работе проведен анализ двух методов определения ширины и асимметрии отметки сигнала. Определены пороги принятия решения с учетом характеристик ситуации приема сигнала от объекта. Разработан комплексный алгоритм принятия решения о наличии обнаружения одиночного объекта по совокупности параметров.

25.05-01.130 Экспериментальная апробация алгоритма классификации гидроакустических сигналов с применением машинного обучения и мультитейперного анализа на примере речного судоходства. *Костев Д.А., Львов А.В., Поляков А.С., Салин М.Б., Травин Р.В. Гидроакустика.* 2025, № 61, с. 53-65. Рус.

Классификация источников звука по шуму является актуальной задачей для различных приложений. Прогресс последних лет в данной области связан с широким распространением машинного обучения, в частности искусственных нейронных сетей. В данной работе рассматривается применение оригинального алгоритма классификации акустического шума, создаваемого маломощными плавсредствами и речным судоходством, с учетом приема направленными гидроакустическими антеннами. Алгоритм классификации выполнен двумя разными способами: первый основан на использовании полносвязанной нейронной сети прямого распространения, а второй — метод градиентного бустинга на деревьях решений. В обоих случаях применению классификаторов предшествует выполнение мультитейперного анализа и вычисление спектральных признаков сигнала как основы дальнейшей обработки. Представлено описание эксперимента, описание алгоритма, результаты его апробации и сравнения двух вариантов.

См. также **25.05-01.110, 25.05-01.111**

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

25.05-01.131 Внутренние гравитационные волны, возбуждаемые нестационарными источниками возмущений в стратифицированном океане с фоновыми сдвиговыми течениями. Булатов В.В., Владимиров И.Ю. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2024. 60, № 5, с. 567-581. Рус.

Рассмотрена задача о построении решений, описывающих генерацию внутренних гравитационных волн локализованным осциллирующим источником возмущений в слое стратифицированной среды конечной глубины с фоновыми сдвиговыми течениями. Для построения аналитических решений в линейном приближении использованы модельные представления частоты плавучести и распределения сдвигового течения по глубине. В предположении Майлса—Ховарда получено интегральное представление решения в виде сумм волновых мод и с помощью метода стационарной фазы построено асимптотическое представление решения для каждой моды. Приведены результаты расчетов дисперсионных зависимостей и фазовых структур волновых полей для различных режимов волновой генерации. Изучена пространственная трансформация фазовых структур волновых полей в зависимости от частоты осциллирующего источника возмущений и основных характеристике сдвиговых течений.

См. также **25.05-01.109**, **25.05-01.123**, **25.05-01.124**

Акустика глобальных масштабов, термометрия и дальняя подводная связь

25.05-01.132 Техническая реализация модема высокоскоростной гидроакустической связи. Дранников А.В., Козьмин С.Г., Исаев А.В. *Морской вестник*. 2025, № 2, с. 81-85. Рус.

Современное интенсивное развитие автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) значительно расширило области их применения и спектр решаемых при этом задач. С помощью современных АНПА уже сейчас возможно решение сложных комплексных задач, связанных с проведением глубоководных работ различной сложности. При этом особую важность приобретают задачи, связанные с необходимостью оснащения подводных аппаратов современными системами скоростной подводной связи.

25.05-01.133 Алгоритм частотной синхронизации для систем гидроакустической связи, использующих сигналы с OFDM. Чилингаров А.О., Гельгор А.Л. *Радиотехника*. 2025. 89, № 5, с. 109-110. Рус.

Постановка проблемы. Актуальность данной работы обусловлена необходимостью обеспечения заданной помехоустойчивости в системах широкополосной гидроакустической связи с мобильными подводными роботизированными средствами. Реализация процедуры уточнения подстройки частоты в таких системах требуется для нивелирования эффекта снижения помехоустойчивости, возникающего из-за интерференции между поднесущими при недостаточной точности грубой синхронизации по частоте для широкополосных систем. Кроме того, для модемов, установленных на мобильных и дрейфующих носителях, компенсация остаточного смещения частоты в процессе приема нужна для отслеживания медленных флуктуаций значений взаимной скорости абонентов. Цель. Рассмотреть возможность повышения помехоустойчивости системы гидроакустической связи с ортогональным частотным мультиплексированием (OFDM), работающей с подвижными корреспондентами, за счет компенсации остаточного сдвига частоты сигнала, вызванного неточностью синхронизации по лидирующему синхросигналу. Результаты. Представлен алгоритм уточнения частотной синхронизации с использованием пилотных поднесущих частот. Проведено имитационное моделирование данного алгоритма и продемонстрировано повышение помехоустойчивости системы в условиях подвижных корреспондентов. В условиях натурального эксперимента показано, что использование алгоритма компен-

сации остаточного частотного смещения дает незначительное улучшение помехоустойчивости даже для стационарных корреспондентов. Установлено, что выбор параметров накопления оценки остаточного частотного смещения требует дополнительных исследований из-за сложности учета быстрых замираний гидроакустического канала. Практическая значимость. Алгоритмы компенсации остаточного частотного смещения и уточнения позиции временной синхронизации сигнала позволяют существенно снизить влияние неточности оценки этих параметров по синхросигналу и повысить помехоустойчивость системы передачи данных по гидроакустическому каналу в условиях взаимного движения корреспондентов, многолучевого распространения и аддитивных помех. Полученный в результате имитационного моделирования задел может быть использован для дальнейшего повышения спектральной эффективности систем гидроакустической связи, использующих OFDM-сигналы. Оценка повышения помехоустойчивости связи между подвижными корреспондентами должна быть подтверждена в ходе дальнейших натуральных испытаний.

Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

25.05-01.134 Математическая модель рассеяния гидроакустического сигнала корпусом подводного аппарата. Ильменков С.Л. *Морской вестник*. 2025, № 2, с. 104-106. Рус.

Использование рассмотренного алгоритма в целом позволяет для модельных задач получить сравнительную оценку влияния параметров упругих тел неаналитической формы на вид характеристик рассеяния импульсного сигнала. Так, например, интервалы времени между приходами отдельных фрагментов рассеянных импульсов определяются размерами объекта в направлении распространения сигнала и свойствами материала корпуса. Достаточно востребованным на практике представляется также развитие данного подхода для анализа влияния заполнения и конструктивных особенностей корпуса подводного аппарата на характеристики отражения импульсного сигнала.

25.05-01.135 Сигнал с нелинейной частотной модуляцией для обнаружения малоподвижных малоразмерных целей. Шостаков С.В., Бенгард А.В. *Морские интеллектуальные технологии*. 2024, № 4-1, с. 244-247. Рус.

Задача обнаружения малоразмерных подводных целей напрямую связана с разработкой сигналов, позволяющих обнаруживать эти цели с высокой разрешающей способностью по дальности. Для обнаружения таких целей используется с помощью сложных широкополосных сигналов, обработка которых применяется с помощью согласованной фильтрации. В статье обосновывается необходимость снижения уровня боковых максимумов в спектре модулированного сигнала и увеличения разрешающей способности сигнала для обнаружения малоподвижных малоразмерных целей. Рассмотрены основные преимущества и недостатки применения сигнала с частотной модуляцией. В качестве образца используется сигнал с линейной частотной модуляцией. Подробно описана структура формулы, с помощью которой синтезируется сигнал с нелинейной частотной модуляцией. Описаны отличия спектров синтезированных сигналов с линейной и нелинейной частотной модуляцией. Также исследовано влияние эффекта Доплера на качество обнаружения искомой цели. Исследован график функции неопределенности сигнала с нелинейной частотной модуляцией. Результаты исследований подтверждены с помощью математического моделирования в среде программирования MATLAB. Ключевые слова: частотная модуляция, разрешающая способность, боковые максимумы, эффект Доплера, гидролокация, математическое моделирование, функция неопределенности, сглаживание спектра, автокорреляция.

25.05-01.136 Сегментационная нейронная сеть для обнаружения трубопроводов на эхограммах гидролокатора бокового обзора. Павин А.М., Шилин К.Д. *Морские интеллектуальные технологии*. 2024, № 4-1, с. 277-284. Рус.

Рассматривается задача автоматического обнаружения под-

водного трубопровода на акустических эхограммах гидролокатора бокового обзора. Для решения задачи была применена специальная архитектура сегментационной нейронной сети. Особенность примененной архитектуры заключается в возможности использования меньшего количества настраиваемых параметров нейронной сети для решения задачи семантической сегментации в сравнении с известными архитектурами, такими как Xception U-Net и Segformer B0. Данное преимущество позволяет использовать разработанную нейросеть на борту необитаемого подводного аппарата в режиме реального времени для проведения инспекции подводных протяженных объектов. Разработанная нейронная сеть была обучена на смеси модельной и реальной выборок, содержащих изображение трубопровода. В работе приводится описание архитектуры разработанной нейронной сети, а также обсуждаются результаты ее функционирования с применением модельной, реальной и смешанной обучающей (и валидационной) выборок эхограмм гидролокатора бокового обзора. Ключевые слова: гидролокатор бокового обзора, ГБО, искусственная нейронная сеть, ИНС, семантическая сегментация, распознавание, классификация, подводный трубопровод, необитаемый подводный аппарат, АНПА.

25.05-01.137 Алгоритм распознавания с локатора препятствий на основе дерева анализа сигналов для универсального многоцелевого буксируемого комплекса. Данцевич И.М., Лютикова М.Н. *Морские интеллектуальные технологии.* 2025, № 1, с. 189-195. Рус.

Рассматривается определение контуров препятствий на основе определения параметров отражённых сигналов локатора препятствий. Информация, поступающая с локатора препятствий в условиях шумов и реверберации требует обработки с анализом ситуации движения универсального многоцелевого буксируемого комплекса. Препятствия могут иметь и неочевидный признак опасности, определяемые, как различные с точки зрения акустики шумы, но по факту различные предметы, способные обеспечить зацепы кабеля троса буксирной системы. Движение системы судно-носитель — универсальный многоцелевой буксируемый комплекс ограничивает время принятия взвешенного решения о наличии препятствий, или критических помех. В этих случаях совместно с движительно-рулевым комплексом требуется оперативная обработка обхода препятствий, в то же время маневрирование не должно сказываться на качестве видеосъёмки и работе навигационного оборудования комплекса. В статье предложен каскадный алгоритм декомпозиции исходного сигнала гидролокатора в базисе всплесков (вейвлетов). Рассмотренный алгоритм применим для декомпозиции, анализа и синтеза сигнала излучаемого и принимаемого гидроакустической антенной в виде многолучевого отражённого сигнала. В статье рассматривается лишь аспект вторичной обработки сигнала с целью уменьшения его объёма посредством сжатия в анализирующем фильтре, передаче коэффициентов разложения (декомпозиции) на борту судна носителя и синтеза в цифровом фильтре. В результате кратномасштабного анализа возможен синтез асинхронной системы передачи и восстановления, данных измерения гидролокатора. Полученный результат актуален, как для получения информации гидроакустического зондирования донной поверхности, так и синтеза системы управления обхода препятствий.

25.05-01.138 Вероятностные характеристики аддитивной смеси произвольно модулированных гармонических колебаний и коррелированного гауссовского шума при обработке сигналов в корабельных радиосистемах. Артюшенко В.М., Самаров Е.К., Воловач В.И. *Морские интеллектуальные технологии.* 2025, № 2, с. 191-194. Рус.

При решении различных радиотехнических задач в корабельных радиосистемах, системах радионавигации, гидролокации и гидроакустики, средствах автоматической радиолокационной прокладки, совмещенной с электронной картографической системой, довольно часто необходимо обрабатывать входной сигнал, представляющий собой процесс в виде суммы некоторого числа случайно-модулированных гармонических колебаний и коррелированного гауссовского шума. Практика показывает, что для оптимальной обработки такого сигнала, необходимо использовать модель многокомпонентного коррелированного слу-

чайного процесса, которая позволяет более точно учитывать различные помеховые ситуации, возникающие в корабельных радиосистемах при осуществлении радиотехнических расчетов. В статье рассмотрены и проанализированы характеристики двумерной плотности распределения вероятности и распределения, огибающей многокомпонентного процесса, представляющего собой сумму произвольного числа гармонических колебаний со случайной угловой модуляцией и коррелированного гауссовского шума. Показано, что выражение для такой двумерной плотности может быть широко использовано на практике при обработке сигналов в конкретных корабельных радиосистемах. Рассмотрен расчет характеристик эффективности амплитудного подавления двухкомпонентного негауссовского случайного процесса, соответствующих полосовому и широкополосному спектру совокупной помехи, достигаемого применением безынерционных нелинейных преобразователей.

25.05-01.139 Обработка сложного широкополосного пространственно-временного сигнала с линейной частотной модуляцией. Шостах С.В., Бенгард А.В., Свердлов Е.А.О. *Морские интеллектуальные технологии.* 2025, № 2, с. 196-200. Рус.

Для решения задач обнаружения подводных целей, а также для решения задач оценки их координат и радиальной скорости необходимо, чтобы сигнал распространялся в гидроакустическом канале с как можно меньшими потерями и искажениями, был способным эффективно отражаться от целей, а также был достаточно энергетичным для обнаружения на фоне шумов и помех. На современном этапе развития в гидроакустике используются сложные широкополосные сигналы и антенные решетки. В данной статье рассматривается формирование пространственно-временного сигнала с линейной частотной модуляцией для решения вышеупомянутых задач. Представлен метод обработки на основе инверсного преобразования его во времени, что позволило применить двумерное преобразование Фурье для его анализа. Исследовано влияние эффекта Доплера на искомый сигнал. Показано, как за счёт инверсного преобразования возможно не только обнаруживать сигнал, но и определять направление на цель и её радиальную скорость одним зондирующим сигналом. Приведена структурная схема устройства обработки такого сигнала. Ключевые слова: гидроакустическая станция, частотная модуляция, антенная решетка, радиальная скорость, пространственно-временной сигнал, эффект Доплера, гидролокация, двумерное преобразование Фурье.

25.05-01.140 Оценка эффективности моностатического и бистатического режимов гидролокации с использованием энергетического потенциала гидролокационной системы. Мажаров Н.А., Чернов В.П. *Гидроакустика.* 2025, № 60, с. 15-24. Рус.

Приводится описание алгоритмов унифицированного подхода к оценке энергетического потенциала и энергетической дальности действия гидролокаторов в моностатическом и бистатическом режимах, позволяющих в упрощенном виде учесть основные параметры среды и параметры системы «излучатель—приемник». Приведенные алгоритмы оценки дальности обнаружения целей в бистатическом режиме гидролокации могут быть использованы для оценки реального энергетического потенциала системы «излучатель—приемник» с учетом основных факторов и параметров среды, влияющих на фактическую дальность обнаружения целей в морских условиях.

25.05-01.141 Гидроакустические комплексы иностранных подводных лодок, имеющие режим гидролокации: обзор по материалам зарубежной печати. Ясников А.И., Попов В.А. *Гидроакустика.* 2025, № 61, с. 46-52. Рус.

Рассмотрены основные гидроакустические комплексы подводных лодок военно-морских сил зарубежных стран, имеющие в своем составе режим гидролокации. Постоянное снижение шумности подводных лодок усложняет решение противолодочных задач с использованием только режима шумопеленгования. В настоящее время для поиска и обнаружения подводных лодок зарубежными военно-морскими силами на своих подводных лодках все чаще применяется режим активной гидролокации.

25.05-01.142 Гидролокатор бокового обзора — эффективное средство освещения ледовой обстановки. *Войтов А. А.* *Гидроакустика*. 2025, № 61, с. 95-111. Рус.

Для освещения ледовой обстановки при поиске полыней в Арктических льдах на подводных лодках (ПЛ) Военно-Морского Флота (ВМФ) России длительное время использовался гидролокатор упреждающего обзора (ГУО). В 2012 г. был создан, установлен на ПЛ ВМФ и прошел экспериментальную отработку в Арктике гидролокатор бокового обзора (ГБО), предназначенный для поиска полыней при плавании ПЛ под льдом. Полученные результаты испытаний в реальных условиях Арктического льда подтвердили эффективность ГБО для поиска полыней в широкой полосе. В статье раскрыты особенности построения гидролокатора бокового обзора для эффективного освещения ледовой обстановки в обеспечение безопасного всплытия ПЛ среди льдов и предупреждения столкновения с многолетним каковым льдом. Показано, что для обнаружения полыней используется метод акустического контраста, а по гидролокационному изображению (ГЛИ) полыни можно определить наличие льда на ее поверхности.

25.05-01.143 Влияние бокового акустического экрана на диаграмму направленности антенны гидролокатора бокового обзора. *Пивнев П. П., Давыдов Д. А., Нерук В. Ю.* *Приборы и техника эксперимента*. 2024, № 3, с. 136-138. Рус.

Рассматривается эксперимент по установке боковых акустических экранов из стали на различной высоте от излучающей поверхности, записываются диаграммы направленности и анализируется ширина основного лепестка в вертикальной плоскости на уровне 0.707 в зависимости от высоты установки боковых акустических экранов.

См. также **25.05-01.110**, **25.05-01.111**, **25.05-01.128**

Гидроакустические преобразователи и антенны

25.05-01.144 К вопросу контроля электроакустических параметров гидроакустических средств. *Колмогоров В. С., Шпак С. А.* *Морской сборник*. 2024, № 12, с. 55-59. Рус.

Рассматривается возможность оперативного контроля коэффициента распознавания как интегрального электроакустического параметра гидроакустического средства. Для выявления причин повышенного коэффициента распознавания возможны дополнительные измерения, которые могут быть произведены на морском полигоне при измерении первичного гидроакустического поля корабля.

25.05-01.145 Гидроакустические станции и комплексы с гибкими протяженными буксируемыми антеннами для надводных кораблей за рубежом. Современное состояние и прогноз развития. *Андреев М. Я., Охрименко С. Н., Паршуков В. Н., Рубанов И. Л.* *Морской сборник*. 2025, № 3, с. 73-77. Рус.

Рассматривается современное состояние и прогноз развития низкочастотных гидроакустических станций и комплексов с гибкими протяженными буксируемыми антеннами для надводных кораблей за рубежом, в первую очередь в странах НАТО.

25.05-01.146 Гидроакустические профилографы морского дна в составе автономных необитаемых подводных аппаратов. *Колмогоров В. С., Косарев Г. В.* *Морской сборник*. 2025, № 4, с. 66-71. Рус.

Рассмотрены гидроакустические профилографы морского дна, используемые в автономных необитаемых подводных аппаратах. Показаны направления использования профилографической информации.

25.05-01.147 Концепция имитозащиты радиоканалов информационного обмена радиогидроакустической аппаратуры авиационных противолодочных комплексов. *Орошук И. М., Сучков А. Н., Аленичев А. А., Шамраёв С. С., Колмаков Р. П.* *Морской сборник*. 2025, № 5, с. 59-64. Рус.

Рассмотрены концептуальные направления защиты радиоканалов информационного обмена, передачи данных и управления радиогидроакустической аппаратуры поиска подводных лодок от воздействия имитирующих радиопомех, формируемых современными средствами радиоэлектронного противодействия противника, за счет ввода частотно-сигнатурной неопределенности их функционирования во времени.

25.05-01.148 Оценка координат широкополосного источника звука в океане комбинированным методом с использованием углов скольжения и интерференционной структуры на апертуре антенны. *Драченко В. Н., Кузнецов Г. Н., Мизнюк А. Н.* *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2025, 18, № 2, с. 96-110. Рус.

Для оценки дальности и глубины шумящих источников рекомендуется применять вертикальные антенны и алгоритмы обработки, учитывающие свойства волнового фронта. Ниже установлено, что вертикальная антенна даже с небольшой апертурой может оценивать дальность и глубину источника в глубоком море на достаточно большом интервале расстояний и в случае, когда полная информация о модели сигнала не используется, но обрабатывается информация одновременно с применением двух дополняющих друг друга алгоритмов, учитывающих в вертикальной плоскости углы прихода лучевых сигналов и интерференцию звукового давления на апертуре антенны. Показано, что в зимних условиях оценка дальности и глубины источника может производиться и в зоне тени, а летом — преимущественно в ближайшей зоне акустической освещенности.

25.05-01.149 Метод заимствования технических решений при диверсификации производства протяженных гидроакустических антенн. *Ивакин Ян. А.* *Гидроакустика*. 2025, № 61, с. 5-10. Рус.

Основным ресурсом диверсификации производства предприятий оборонно-промышленного комплекса, а именно предприятий гидроакустического приборостроения, выступает потенциал доработки и повторного использования научно-технического задела апробированных и отлаженных проектных решений по созданию элементов, узлов, блоков изделий гидроакустической техники. В статье предложен метод обоснованного выбора и определения стратегии доработки технических решений протяженных гидроакустических буксируемых антенн при их включении в новые проекты диверсификации производства морского приборостроения.

25.05-01.150 Разработка инструмента формирования кадров отображения гидроакустических комплексов. *Инюкина А. М., Камышев И. В., Шейнман Е. Л.* *Гидроакустика*. 2025, № 61, с. 17-25. Рус.

Представлен результат разработки инструмента проектирования кадров отображения гидроакустических комплексов, позволяющего в диалоговом режиме формировать различные варианты кадров отображения из отдельных заготовленных блоков библиотеки программ индикации и управления (виджетов). Инструмент формирования кадров отображения включает в себя: библиотеку унифицированных фрагментов, инструмент компоновки кадров отображения, инструмент стыковки кадров отображения и функционального обеспечения гидроакустических средств и справочную систему. Разработанный инструмент формирования индикаторных картин позволяет сократить время разработки кадров отображения информации гидроакустических комплексов и их программного обеспечения.

25.05-01.151 Влияние размеров вертикальной антенны на эффективность пространственной локализации источника широкополосного сигнала. *Консон А. Д., Волкова А. А.* *Гидроакустика*. 2025, № 61, с. 26-37. Рус.

Рассмотрена применимость существующих методов пространственной локализации источника широкополосного сигнала для вертикально стратифицированной океанической среды в зависимости от вертикальных размеров многоэлементной антенны. Выделены три основных метода решения задачи. Метод, применимый для малоразмерной антенны (единицы метров), не дает четкого результата в виде фокального пятна, хотя допускает определение глубины погружения источника. Метод Matched-field processing допускает решение задачи локализации источ-

ника широкополосного сигнала при вертикальном размере антенны не менее 10% ширины подводного звукового канала при больших отношениях сигнал/помеха. Исследовано влияние вертикальных размеров антенны на эффективность метода консолидированной обработки сигнала для пространственной локализации источника шумового широкополосного сигнала в океане с использованием вертикально развитой многоэлементной антенны. Установлено существование нижнего предела вертикального размера антенны, при котором возможна пространственная локализация источника. На конкретном примере подводного звукового канала шириной 2000 м определено, что высота антенны должна составлять не менее 60 м.

25.05-01.152 Проектирование цифровых гидроакустических комплексов: технология открытых систем. Лисс А.Р. *Гидроакустика*. 2025, № 61, с. 66-80. Рус.

Рассматривается эволюция аппаратно-программных средств цифровой обработки гидроакустической информации в период 1970—2020 гг. и развитие технологии проектирования цифровых вычислительных комплексов (ЦВК) — от уникальных образцов корабельных электронно-вычислительных машин (ЭВМ) до унифицированных аппаратно-программных платформ открытого типа. Приводятся сведения об архитектуре нескольких поколений цифровых гидроакустических комплексов (ГАК) — от первых цифровых систем вторичной обработки и управления в составе ГАК 1970-х гг. до полностью программируемых цифровых систем последнего поколения, выполняющих параллельную обработку гидроакустических сигналов от многоканальных антенн ГАК последнего поколения.

25.05-01.153 Измерение диаграммы направленности антенны в полосе рабочих частот. Нерук В.Ю., Пивнев П.П., Давыдов Д.А. *Приборы и техника эксперимента*. 2024, № 3, с. 131-135. Рус.

Приводятся результаты лабораторных измерений диаграмм направленности широкополосных антенн с применением линейной частоты модуляции (ЛЧМ) сигнала. Исследования проводились на базе уникальной научной установки «Имитационно-натурный гидроакустический комплекс» (УНУ «ИНГАК») кафедры электрогидроакустической и медицинской техники Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета. Особенностью эксперимента является то, что при одном проведении измерения диаграммы направленности антенны охватывается весь диапазон рабочих частот излучателя, выделение интересующих частот осуществлялось путем цифровой обработки полученных данных.

25.05-01.154 Вертикальная акустико-гидрофизическая антенна «Моллюск-97». Рутенко А.Н. *Приборы и техника эксперимента*. 1998, 41, № 5, с. 141-144. Рус.

Для исследований модового состава внутренних волн, распространяющихся в мелком море, и низкочастотного акустического поля создана вертикальная цифровая акустико-гидрофизическая антенна «Моллюск-97». Антенна обеспечивает синхронные измерения на восьми горизонтах звукового давления и температуры воды, а также средней температуры семи слоев воды, перекрывааемых цепочкой распределенных датчиков температуры. Технические возможности антенны иллюстрируются на результатах ее применения в натурном эксперименте.

См. также **25.05-01.129**, **25.05-01.142**, **25.05-01.143**

Подводные измерения и калибровка аппаратуры

25.05-01.155 Акустический приемопередатчик для мониторинга динамических процессов в океане. An acoustic transceiver for monitoring dynamic processes in the ocean. *Bezotvetnykh V.V., Kamenev S.I., Kuz'min E.V., Morgunov Yu.N., Nuzhdenko A.V.* *Приборы и техника эксперимента*. 2023, № 6, с. 129-133. Англ.

An acoustic transceiver for the monitoring of dynamic processes in the ocean by acoustic tomography methods is described, and the results of its tests are presented. At an acoustic pressure of 2–6 kPa/m produced by the transceiver in the emission mode

at frequencies of ≈ 250 Hz and an rms error in determining time intervals no larger than 2 ms, the flow velocity component can be measured to an accuracy of 10 cm/s by using the countersounding scheme.

25.05-01.156 Нейросетевое распознавание сигнальных созвездий М-QAM типа в магнитно-индукционном подводном канале связи. *Родионов А.Ю., Власов А.А., Кузин Д.А., Бобров В.В., Кирьянов А.В., Гребенюк И.В.* *Морские интеллектуальные технологии*. 2025, № 4-4, с. 69-76. Рус.

Представлен анализ возможностей применения нейросетевого распознавания сигнальных созвездий М-QAM магнитно-индуктивной связи для межсредных коммуникационных систем, включая подводные робототехнические комплексы. Рассмотрены особенности распространения магнитного поля в морской воде, включая его устойчивость к внешним возмущениям и помехам. Проведен эксперимент с использованием малогабаритных ферритовых антенн низкочастотного диапазона и систем связи на основе многочастотных сигналов OFDM с различными видами цифровой модуляции М-QAM. Отмечены преимущества магнитно-индуктивной связи в условиях ограничений традиционных радиочастотных и гидроакустических технологий, таких как скрытность сигнала, стабильность канала и отмечается возможность передачи данных в разнородных средах (вода—воздух). Рассмотрены особенности ферритовых антенн, усилительных каскадов для них и пути повышения эффективности подобных комплексов. Обучена сверточная нейронная сеть, способная классифицировать три типа цифровой модуляции по их сигнальным созвездиям при общей точности распознавания 97.71%, что позволяет оперативно подстраиваться под помеховые условия в магнитноиндуктивном канале связи.

25.05-01.157 Организация распределенной системы хранения данных при взаимодействии группы подводных роботизированных средств. *Снитко Е.В., Блиннов Д.А., Вотяков С.В.* *Гидроакустика*. 2025, № 60, с. 34-40. Рус.

Рассматривается принцип организации распределенной системы хранения данных (РСХД) для обеспечения целостности добытой и передаваемой по гидроакустическому каналу информации в процессе исследования акватории группой автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА). РСХД предлагается рассматривать как единую систему памяти с подсистемой защиты информации, основанной на применении кодов, обнаруживающих и исправляющих ошибки. Полученные кодовые конструкции позволяют обеспечить целостность информации в рамках группы АНПА. Разработана математическая модель обеспечения целостности информации РСХД, подтверждающая пригодность применения принципа организации РСХД при ограничениях информационного обмена по гидроакустическому каналу связи.

25.05-01.158 Конструктивные особенности проектирования приборной секции геленаполненной сейсмокоды морского геофизического комплекса. *Демьянюк Д.Н., Ермошкин Д.С., Малевинский Д.Д., Щекотишкин Н.И.* *Гидроакустика*. 2025, № 61, с. 38-45. Рус.

Рассматриваются конструктивные особенности проектирования приборной секции геленаполненной сейсмокоды морского геофизического комплекса. В конструкции приборной секции реализованы новые технические решения, которые позволили уменьшить уровень шумов, обеспечить нейтральную плавучесть. Кроме того, в конструкции использованы отечественные канаты и гель для заполнения оболочек. В конструкции приборной секции использована унифицированная втулка, что позволило эффективно произвести установку приемников, также данная конструкция исключает возможность перемещения геля внутри секции, тем самым уменьшая уровень внутренних шумов. Результаты экспериментальных исследований показали, что технические характеристики разработанной приборной секции сопоставимы с импортным аналогом фирмы Sercel.

25.05-01.159 Акустогидрофизический комплекс для морских томографических исследований. *Акуличев В.А., Безответных В.В., Камнев С.И., Кузь-*

мин Е.В., Моргунов Ю.Н., Нужденко А.В., Пенкин С.И. *Приборы и техника эксперимента*. 2000. 43, № 6, с. 112-115. Рус.

Описан акустогидрофизический комплекс для мониторинга моря методами акустической томографии. Комплекс создан в рамках американо-российского проекта JESAEX (The Japan/East Acoustics Experiment). Технические характеристики приемных и излучающих систем комплекса, автономность и мобильность позволяют на их основе строить томографические схемы различной конфигурации сложности. Экспериментальная апробация методов и технических средств в сентябре-октябре 1999 г. в Японском море показала, что дальность уверенного приема сложных фазоманипулированных сигналов типа М-последовательностей составила 700 км. при акустическом давлении, развиваемом источником звука, до 7000 Па/м².

25.05-01.160 Акустический приемооперативчик для мониторинга динамических процессов в океане. An acoustic transceiver for monitoring dynamic processes in the ocean. **Bezotvetnykh V.V., Kamenev S.I., Kuz'min E.V., Morgunov Yu.N., Nuzhdenko A.V.** *Приборы и техника эксперимента*. 2002. 45, № 1, с. 129-133. Англ.

An acoustic transceiver for the monitoring of dynamic processes in the ocean by acoustic tomography methods is described, and the results of its tests are presented. At an acoustic pressure of 2–6 kPa/m produced by the transceiver in the emission mode at frequencies of ≈ 250 Hz and an rms error in determining time intervals no larger than 2 ms, the flow velocity component can be measured to an accuracy of 10 cm/s by using the countersounding scheme.

25.05-01.161 Технологии необитаемых подводных аппаратов и гидроакустических систем для беспилотных противоминных комплексов. **Войтов Д.В.** *Подводные исследования и робототехника*. 2025. 38, № 2, с. 4-18. Рус.

Морские мины — очень эффективное и недорогое оружие. Ведущие морские державы развивают противоминные силы в рамках программ модернизации гидроакустического и навигационного оборудования и создания комплексов надводных и подводных беспилотных систем, позволяющих в отличие от техники траления обезвреживать минные заграждения с безопасного расстояния. В статье рассматривается один из вариантов корабельного противоминного комплекса с определенным набором технических средств, позволяющих эффективно и безопасно провести поиск, идентификацию и уничтожение мин.

25.05-01.162 Система автоматической инспекции проблемных участков протяженных объектов с помощью АНПА. **Панчук М.О., Юрманов А.П., Конопкин А.Ю.** *Подводные исследования и робототехника*. 2025. 38, № 2, с. 41-52. Рус.

Статья посвящена разработке системы автоматической инспекции проблемных участков протяженных объектов с использованием автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА), оснащенных системами технического зрения (СТЗ), в частности многолучевыми гидроакустическими сонарами. Предложенная система позволяет в режиме реального времени на бортовом ЭВМ АНПА динамически строить трехмерную модель трубопровода на основе облаков точек, получаемых от СТЗ. На основе указанной модели автоматически определяются положение протяженного объекта в пространстве и его кривизна, а также уровень погружения трубы в донный грунт. Вычисленные параметры позволяют выявлять потенциально опасные участки, подверженные деформациям или повреждениям. Полученные данные должны использоваться для корректировки миссии аппарата с целью проведения детального дообследования выявленных зон интереса, а также могут быть отправлены на пост оператора с использованием гидроакустического канала связи с аппаратом. Программная реализация системы выполнена на языке Python с использованием открытых библиотек для обработки трёхмерных данных. Численное моделирование процесса инспекции трубопровода проводилось в среде CorreliaSim, полученные результаты подтвердили работоспособность и эффективность предложенной системы.

См. также **25.05-01.104, 25.05-01.110, 25.05-01.111, 25.05-01.112, 25.05-01.114, 25.05-01.135, 25.05-01.136, 25.05-01.141, 25.05-01.148, 25.05-01.152, 25.05-01.153, 25.05-01.154**

Компьютерное моделирование в гидрофизике и гидроакустике

25.05-01.163 Применение метода эквивалентных источников для численного моделирования гидродинамического шума упругих тел. **Балакирева Н.В., Зайцева С.Г.** *Динамика и виброакустика*. 2024. 10, № 3, с. 7-18. Рус.

Представлен новый подход к прогнозированию характеристик излучения гидродинамического кромочного шума, возникающего при движении упругих тел в турбулентном потоке. Решение базируется на декомпозиции расчётной области и замене её набором сегментов. Каждая такая подобласть определяет соответствующий энергетический вклад источников гидродинамического шума в суммарное звуковое поле обтекаемого тела. Статистическая независимость процессов выделенных областей позволяет дать упрощённое представление излучения при обтекании тела в виде процесса распространения звука от конечного числа точечных источников. Целью является кросс-верификация метода на модельной задаче обтекания профиля потоком жидкости. Средняя погрешность метода относительно связанного расчёта «гидродинамика—акустика» составляет не более 3 дБ в диапазоне до 1500 Гц.

25.05-01.164 О повышении эффективности пространственной обработки тональных акустических сигналов в океанических волноводах с ветровым волнением. **Раевский М.А., Бурдуковская В.Г.** *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2025. 18, № 2, с. 83-95. Рус.

Исследуется возможность повышения эффективности пространственной обработки тональных сигналов в акустических волноводах со взволнованной поверхностью. Показано, что предварительная частотная фильтрация сигнала в узкой полосе в сочетании с известными алгоритмами пространственной обработки позволяет значительно увеличить коэффициент усиления горизонтальной антенной решетки. Основной идеей предлагаемой пространственно-временной обработки сигналов является подавление некогерентной компоненты акустического поля при частотной фильтрации сигнала. Предложен алгоритм расчета корреляционной матрицы сигнала на основе уравнения переноса для пространственно-временных функций когерентности комплексных амплитуд акустических мод. Получены результаты численного моделирования коэффициентов усиления при различных алгоритмах обработки сигнала в звуковом канале с гидрологией зимнего типа. Проанализированы зависимости коэффициентов усиления от дистанции, скорости ветра, параметров дна, модели шума и ориентации антенной решетки. Основное внимание уделяется сравнению результатов с частотной фильтрацией и без нее.

25.05-01.165 Адаптивные методы обработки гидролокационных сигналов на фоне марковской реверберационной помехи. **Бутырский Е.Ю., Иванов Д.И., Попов А.Н.** *Гидроакустика*. 2025, № 60, с. 55-68. Рус.

Получены выражения для оптимальной обработки гидролокационных сигналов в условиях, когда фильтруемый процесс известен с точностью до вектора постоянных параметров. На основе использования марковского характера помехи был синтезирован оптимальный приемник детерминированного сигнала. Проведена оценка помехоустойчивости предложенного метода. Показано, что решение задачи фильтрации и обнаружения может быть получено путем использования процедур адаптации.

25.05-01.166 Выбор меры сходства при решении задачи идентификации целей по спектральным атрибутам шума. **Истомин Е.П., Сторожок Е.А.** *Гидроакустика*. 2025, № 60, с. 80-86. Рус.

Проведен сравнительный анализ некоторых мер сходства, используемых в алгоритме идентификации целей по спектраль-

ным атрибутам шума. Критерием выбора меры сходства является помехоустойчивость алгоритма идентификации. Рассмотрены два случая реализации алгоритма идентификации с использованием натуральных записей акустических сигналов: при решении задачи восстановления контакта с наблюдаемой ранее целью; при решении задачи классификации целей. Описано технологическое решение по классификации с использованием математического аппарата теории нечетких множеств.

25.05-01.167 Система гидроакустического моделирования на основе интеллектуальной геоинформационной системы. Попович В.В., Степанов В.К., Чуров Д.В. *Гидроакустика*. 2025, № 61, с. 81-94. Рус.

Представлены некоторые теоретические положения и результаты моделирования процессов распространения звука в морской среде с использованием интеллектуальных географических информационных систем (ИГИС). Технологии ИГИС открыли широкий спектр возможностей для реализации системы гидроакустического моделирования (СГАМ). Прежде всего, это легкий доступ к огромному объему геопространственных данных, характеризующих морскую среду, интуитивно понятный и гибкий визуальный интерфейс и открытая интеллектуальная подсистема для моделирования в реальном времени, основанная на сценарном подходе и образующая ядро СГАМ. В системе моделирования используются расчетные модели потерь при распространении гидроакустических сигналов, оценок эффективности пассивных, активных (моностатических и мультистатических) гидроакустических средств, а также средств, реализующих алгоритмы согласованной со средой обработки сигналов. Базовыми для всех расчетных акустических моделей являются волновая модель, реализованная на основе алгоритма решения псевдодифференциального параболического уравнения, а также модель, реализующая метод лучевого при-

ближения. Базовые модели обеспечивают расчет акустического поля в двумерно-неоднородной подводной среде. Процесс моделирования распространения звука проходит под управлением интеллектуальной подсистемы, использующей экспертные знания в расчетных алгоритмах.

См. также **25.05-01.117, 25.05-01.140**

Лабораторное экспериментальное моделирование

25.05-01.168 Анализ взаимосвязи внешних дестабилизирующих факторов и показателей эксплуатационной надежности с целью прогнозирования долговечности радиоэлектронной аппаратуры гидроакустических комплексов. Мурзаева И.В. *Гидроакустика*. 2025, № 60, с. 94-100. Рус.

Рассматриваются вопросы разработки методики прогнозирования технического состояния радиоэлектронной аппаратуры гидроакустических комплексов, а именно их долговечности на основе данных по эксплуатации. Под долговечностью понимаются способность изделия к длительной эксплуатации при необходимом техническом обслуживании. Иногда понятия безотказность и долговечность могут совпадать. В ходе эксплуатации изделия могут подвергаться различным внешним воздействиям, и от степени воздействия качество и надежность могут меняться. В данной статье рассматривается совокупность таких показателей, как степень жесткости эксплуатации, безотказность и долговечность.

См. также **25.05-01.125, 25.05-01.126, 25.05-01.127, 25.05-01.147, 25.05-01.161, 25.05-01.162**

Атмосферная и аэроакустика

Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

25.05-01.169 Влияние внутренних гравитационных волн в атмосферном пограничном слое на измерения характеристик турбулентности пульсационным методом. Зайцева Д.В., Каллистратова М.А., Люлюкин В.С., Кузнецов Р.Д., Кузнецов Д.Д. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2024, 60, № 4, с. 430-444. Рус.

Представлены результаты анализа влияния регистрируемых содаром в атмосферном пограничном слое субмезомасштабных внутренних гравитационных волн (ВГВ) на измеряемые в приземном слое характеристики турбулентности. Для этого были использованы данные измерений, проводимых в сельской местности в Подмоскowie. Посредством визуального анализа содарных эхограмм идентифицировались ВГВ двух классов: внутренние гравитационно-сдвиговые волны (ВГСВ) типа волн Кельвина—Гельмгольца и волны плавучести (ВП). Для 28 эпизодов ВГСВ и 10 эпизодов ВП по данным пульсационных измерений ультразвуковым термометром-анемометром, расположенным на мачте высотой 56 м, были рассчитаны турбулентная кинетическая энергия, а также потоки тепла и импульса. Были исследованы изменения указанных характеристик, сопутствующие прохождению лучей ВГВ, сделаны количественные оценки этих изменений, а также проведено сопоставление степени влияния ВГСВ и ВП.

25.05-01.170 Акустический мониторинг внутренних гравитационных волн в нижней тропосфере с использованием противорадовой акустической пушки. Чунчузов И.П., Перепелкин В.Г., Куличков С.Н., Попов О.Е., Азизян Г.В., Варданян А.А., Айвазян Г.Е. *Известия РАН. Физика атмосферы и океана*. 2024, 60, № 6, с. 851-868. Рус.

Приведены результаты исследования влияния внутренних гравитационных волн (ВГВ) на пространственно-временную

изменчивость атмосферного давления и скорости ветра в нижней тропосфере с помощью установленной в г. Талин (Армения) треугольной сети из трех микробарографов и противорадовой акустической пушки. Путем когерентного анализа флуктуаций давления, измеряемых в разных точках, обнаружены ВГВ, генерируемые грозовыми фронтами примерно за 5–6 ч до прохождения этих фронтов над сетью микробарографов. Изучены закономерности изменения с течением времени фазовых скоростей и направлений распространения ВГВ, являющихся предвестниками гроз. Показана возможность мониторинга ВГВ в тропосфере по временным флуктуациям времени пробега акустических импульсов вдоль лучей, соединяющих противорадовую пушку с разнесенными в пространстве акустическими приемниками. По формам и временам пробега акустических импульсов с ударным фронтом, рассеянных анизотропными флуктуациями скорости ветра и температуры в устойчиво стратифицированной нижней тропосфере, восстановлены вертикальные профили флуктуаций скорости ветра в определенных слоях нижней тропосферы, вплоть до высоты 800 м. Благодаря высокой разрешающей способности по высоте (порядка 1 м), используемого здесь метода импульсного акустического зондирования нижней тропосферы впервые получены вертикальные спектры анизотропных флуктуаций скорости ветра в диапазоне коротких вертикальных масштабов, от одного до десятков метров, и дана их теоретическая интерпретация.

См. также **25.05-01.131**

Аэро-термо-акустика и акустика горения

25.05-01.171 Активное управление шумом обтекания полости с помощью плазменного актуатора. Копьев В.Ф., Казанский П.Н., Копьев В.А., Моралев И.А., Панкратова И.В. *Акустический журнал*. 2025, 71, № 3, с. 430-437. Рус.

Проведено экспериментальное исследование воздействия плазменных актуаторов на основе высокочастотного поверх-

ностного барьерного разряда на тональный шум обтекания полости. Снижение тонального шума в дальнем поле продемонстрировано с помощью двух подходов: возбуждения искусственных колебаний, соответствующих высокочастотным модам, и стабилизации течения с помощью плазменного актуатора в цепи обратной связи. Показано, что стабилизирующая петля обратной связи позволяет существенно (на 10 дБ) подавить основной тон, не влияя при этом на возбуждение более высокочастотных колебаний. Продемонстрирована способность такого плазменного актуатора снижать шум обтекания полости при высоких (до 60 м/с) скоростях потока, характерных для посадочных режимов пассажирских самолетов.

25.05-01.172 Особенности фоновых акустических возмущений в аэродинамических трубах больших скоростей. Лебига В.А., Миронов Д.С., Пак А.Ю. Акустический журнал. 2025. 71, № 4, с. 575-581. Рус.

На основании термоанемометрического метода исследования пульсаций сжимаемых течений рассмотрены вопросы определения акустических характеристик потока в рабочих частях аэродинамических труб трансзвуковых и сверхзвуковых скоростей. Показано, что при сверхзвуковых скоростях потока помимо волн Маха, генерируемых стационарными источниками возмущений на стенках рабочей части, и волн Маха, генерируемых наиболее интенсивными пульсациями, движущимися в сверхзвуковом турбулентном пограничном слое, могут иметь место волны Маха, источниками которых является также турбулентный пограничный слой. С помощью термоанемометрического метода можно определить характеристики каждого из типов этих волн и их источники. Установлено также, что простые звуковые волны могут генерироваться турбулентным пограничным слоем и проникать в рабочую часть от источников, расположенных в форкамере аэродинамической трубы до критического сечения сопла Лавала. В аэродинамических трубах больших дозвуковых скоростей акустические возмущения состоят из звуковых волн, идентифицируемых по интенсивности, направлению и спектральному составу, на основе разработанных методов термоанемометрии. Определяемые с помощью термоанемометра характеристики акустических возмущений (интенсивность, направление, расположение источников) позволяют целенаправленно их устранять или снижать, либо учитывать их влияние на исследуемые явления. Статья подготовлена по материалам доклада на 10-й российской конференции “Вычислительный эксперимент в аэроакустике и аэродинамике”, 16–21 сентября 2024 г., г. Светлогорск Калининградской области, <http://ceaa.imamod.ru/>.

25.05-01.173 Расчетное исследование влияния клокинга (clocking) на тональный шум первых двух подпорных ступеней турбореактивного двухконтурного двигателя. Россиагин А.А., Милешин В.И. Акустический журнал. 2025. 71, № 4, с. 582-597. Рус.

Представлены результаты исследования влияния клокинга — взаимного смещения в окружном направлении рабочих колес или направляющих аппаратов — на тональный шум первых двух подпорных ступеней компрессора низкого давления двухконтурного турбореактивного двигателя. Проведены расчеты как для различных взаимных положений рабочих колес, так и для различных взаимных положений направляющих аппаратов. Расчетная модель включала в себя рабочее колесо вентилятора и две подпорные ступени с входным направляющим аппаратом. Ступени имели одинаковые числа лопаток в рабочих колесах и направляющих аппаратах. Была поставлена задача получить мощность излучения и диаграммы направленности для наиболее интенсивных тонов на режиме с относительной частотой вращения вала 58%. Исследование выполнено с использованием метода расчета тонального шума многоступенчатых турбомашин в частотной области. Данный метод позволяет моделировать изменение взаимного положения венцов без манипуляций с расчетной сеткой. Результаты расчета демонстрируют, что мощность излучения из воздухозаборника при изменении взаимного положения рабочих колес может меняться на 4 дБ. Мощность излучения из воздухозаборника при изменении взаимного положения спрямляющих аппаратов в целом не меняется, однако для отдельных азимутальных мод может меняться более чем на 5 дБ. Статья подготовлена по

материалам доклада на 10-й российской конференции “Вычислительный эксперимент в аэроакустике и аэродинамике”, 16–21 сентября 2024 г., г. Светлогорск Калининградской области, <http://ceaa.imamod.ru/>.

Ударные и взрывные волны, звуковой удар

25.05-01.174 Эллиптический погранслои в оболочках вращения при ударных поверхностных воздействиях нормального типа. Кириллова И.В. Механика твердого тела. 2024, № 5, с. 48-59. Рус.

Построен метод решения краевой задачи для эллиптического погранслоя, имеющего место в тонкостенных оболочках вращения при ударных воздействиях нормального вида на лицевые поверхности. Эллиптический погранслой строится в окрестности условного фронта поверхностных волн Рэлея и описывается эллиптическими уравнениями с граничными условиями, задаваемыми уравнениями гиперболического типа. В общем случае оболочек вращения не могут быть использованы методы решения уравнений для эллиптического погранслоя, разработанные для оболочек вращения нулевой гауссовой кривизны. Рассматриваемая ранее схема использования интегральных преобразований Лапласа и Фурье перестаёт работать, поскольку разрешающие уравнения становятся уравнениями с переменными коэффициентами. Предложенный в данной статье метод решения уравнений эллиптического погранслоя основан на использовании асимптотического представления изображений решения по Лапласу (по времени) в экспоненциальной форме. В работе приведён численный расчёт нормального напряжения по полученным аналитическим решениям для случая сферической оболочки.

25.05-01.175 Взаимодействие ударной волны с перегородкой из кварцевого песка. Головастов С.В., Рублев Г.Д., Бивол Г.Ю., Паршиков А.Н., Голуб В.В. Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 4, с. 677-685. Рус.

Экспериментально и численно изучено взаимодействие ударной волны, распространяющейся в водородно-воздушной смеси, с гранулированной разрушаемой перегородкой. Эксперименты проведены с использованием ударной трубы. Поперечные размеры диагностической секции составляли 40×40 мм. Начальное давление газовой смеси варьировалось от 10 до 50 кПа. Мольный избыток водорода варьировался от 0.3 до 0.5. Перегородка изготавливалась из кварцевого песка с малым добавлением связующего компонента на основе глины. Эксперименты проводились при числах Маха 2.09–2.88, при этом горение в водородно-воздушной смеси не рассматривалось. Численное моделирование разрушения песчаной перегородки проведено с использованием контактного метода сглаженных частиц типа Годунова. Приведены характерные осциллограммы давления и результаты высокоскоростной визуализации процессов взаимодействия с помощью теневого метода. Определены коэффициенты ослабления отраженной и проходящей ударных волн. Ключевые слова: гранулированная перегородка, ударная волна, песок, коэффициент ослабления ударной волны, контактный метод сглаженных частиц.

25.05-01.176 Расчетное моделирование воздействия ударно-волнового нагружения при подрыве цилиндрического заряда взрывчатого вещества внутри буровой трубы. Доценко В.В., Емельянова Е.Ю., Нескин А.Г., Никульшин М.В., Петров Д.В. Прикладная механика и техническая физика. 2025. 66, № 1, с. 14-25. Рус.

С целью разработки технологии разрушения буровой трубы и последующего ее извлечения из скважины с глубины более 5000 м проводится численное исследование ударно-волнового воздействия на внутреннюю поверхность трубы в результате детонации специального цилиндрического заряда. Рассматриваются два случая детонации взрывчатого вещества цилиндрического заряда: детонация с плоским фронтом и расходящаяся сферическая детонация. Расчетная модель представляет собой слоистую конструкцию, которая включает цилиндрический заряд взрывчатого вещества в медном корпусе, стальную трубу и буровой раствор. Расчет ударно-волнового воздействия на буровую трубу проводится в трехмерной постановке с использова-

нием многокомпонентной эйлеровой формулировки. В результате расчетов подтверждена возможность разрушения буровой трубы в области замкового соединения. Показано, что ударно-волновое воздействие в режиме детонации заряда с плоским фронтом по уровню поврежденной трубы существенно превосходит воздействие в режиме расходящейся сферической детонации. По результатам дополнительных расчетов определена минимальная длина заряда, достаточная для разрушения буровой трубы DOI: 10.15372/PMTF202315432.

См. также 25.05-01.30, 25.05-01.51, 25.05-01.52, 25.05-01.53

Звук в трубах с потоками

См. 25.05-01.22, 25.05-01.172

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

25.05-01.177 О возможности трехмерной локализации источников шума обтекания элементов планера самолета с помощью последовательных несинхронных измерений микрофонной решеткой. *Бычков О.П., Демьянов М.А. Акустический журнал.* 2025. 71, № 3, с. 416-429. Рус.

Представлен результат применения разработанного ранее метода трехмерной локализации акустических источников по данным несинхронных измерений многомикрофонной решеткой из различных положений, адаптированного под источники дипольного типа, характерные для шума обтекания элементов планера. Работа состоит из двух частей. В первой проведена верификация разработанного метода на примере локализации тестовых дипольных источников. Рассмотрены источники, имеющие различную ориентацию дипольного момента по отношению к граням микрофонной решетки. На основании полученных результатов локализации тестовых источников показаны особенности и ограничения метода. Во второй части описано применение метода к экспериментальным данным, полученным при обтекании модели крыла с выпущенной механизацией и цилиндра, имитирующего стойку шасси, имеющей сложную структуру дипольных источников различной амплитуды и направленности. Проведен анализ полученных объемных карт локализации в различных частотных полосах путем сравнения такой локализации с тестовыми случаями и показана возможность локализации исследуемых источников.

Авиационная акустика

25.05-01.178 О разработке первого российско-китайского стандарта в области авиационного ГОСТ Р 70066-2022 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолётов». *Мошков П.А. Динамика и виброакустика.* 2024. 10, № 2, с. 27-34. Рус.

Рассмотрен новый национальный стандарт Российской Федерации в области авиационного ГОСТ Р 70066-2022 «Авиационная техника. Требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа самолётов». Данный стандарт стал первым совместно разработанным экспертами России и Китая и утверждённым в качестве национальных стандартов в России и Китае (GB/T 41886-2022). Стандарт устанавливает общие технические требования к акустическому проектированию пассажирского салона и кабины экипажа, а также требования к верификации процесса акустического проектирования пассажирских салонов и кабин экипажей самолётов транспортной категории.

25.05-01.179 Редуцирование уравнений гармонических колебаний крыла в несжимаемом потоке при расчетах по нестационарной и квазистационарной теориям. *Гонц Д.А., Гришанина Т.В., Русских С.В. Мех. композит. матер. и конструкций.* 2023. 29, № 4, с. 439-450. Рус.

Рассматриваются аэроупругие колебания прямого крыла большого удлинения с симметричными профилями поперечных сечений в дозвуковом потоке при действии вертикальных порывов ветра, изменяющихся по гармоническому закону. Профили крыла считаются недеформируемыми. Перемещения и углы закручивания поперечных сечений крыла представляются по методу Ритца в виде разложений по заданным функциям с неизвестными коэффициентами, которые принимаются за обобщенные координаты. Аэродинамические нагрузки, действующие на упругое крыло, вычисляются на основании квазистационарной и нестационарной теорий плоскопараллельного безотрывного обтекания колеблющегося профиля в дозвуковом потоке. Уравнения колебаний в обобщенных координатах записываются как уравнения Лагранжа. Редуцирование системы дифференциальных уравнений рассмотрено на примере двухстепенной модели, для которой первая обобщенная координата характеризует изгибные колебания, а вторая — крутильные. Уравнения колебаний представлены в безразмерном виде. Определены критические значения безразмерного параметра, характеризующего скорость набегавшего потока, на границе статической и динамической устойчивости аэроупругих колебаний. Пренебрегая инерционными и демпфирующими силами, обусловленными кручением крыла, а также инерционными силами присоединенных масс воздуха были получены упрощенные уравнения колебаний. Для двух вариантов редуцированных уравнений гармонических колебаний получены аналитические решения дифференциальных уравнений. В качестве примера рассмотрено крыло с симметричным профилем, прямоугольного силового сечения. Приведены графики результатов расчета, полученные при решении полной и редуцированной систем дифференциальных уравнений по нестационарной и квазистационарной теориям. Определены значения приведенной частоты гармонических колебаний, при которых результаты расчетов для редуцированной и полной систем дифференциальных уравнений близки между собой.

25.05-01.180 Численные исследования улучшения обтекания крыла с тянущим воздушным винтом. *Багдади М.К., Павленко О.В., Раздобарин А.М. Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 2092-2095. Рус.

Представлены результаты численного исследования улучшения обтекания прямого крыла при помощи вихрегенератора, расположенного непосредственно за тянущим воздушным винтом. Расчеты выполнены по программе, основанной на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса, на угле атаки $\alpha = 10^\circ$ при числах $M = 0.12$ и $Re = 0.7 \cdot 10^6$. Ключевые слова: аэродинамические характеристики, прямое крыло, вихрегенератор, тянущий воздушный винт.

25.05-01.181 Особенности влияния влажного воздуха на аэродинамические характеристики механизированного крыла на режиме взлета. *Брутян М.А., Павленко О.В., Хтун Йе. Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 2096-2098. Рус.

Представлены результаты численного исследования влияние влажности воздуха на аэродинамические характеристики профиля крыла с закрылком во взлетной конфигурации. Численные исследования проведены в двухкомпонентной среде, состоящей из сухого воздуха и водяного пара. Исследовано влияние объемного содержания водяного пара в воздухе на максимальную подъемную силу, сопротивление и критический угол атаки. Показано, что заметное влияние наблюдается только в режимах отрывного обтекания. Расчеты выполнены по программе, основанной на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса. Ключевые слова: аэродинамические характеристики, профиль крыла с закрылком, двухфазный поток, CFD-методы.

25.05-01.182 Численные исследования влияния бокового ветра на устойчивость самолета с воздушными винтами на концах крыла сверхбольшого удлинения. *Павленко О.В., Пигусов Е.А., Сантош А., Чинь Тханг Нгож. Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 2099-2100. Рус.

На основе численных расчетов представлены результаты исследований влияния бокового ветра на устойчивость самолета

та с воздушными винтами на концах крыла сверхбольшого удлинения. Показано, что увеличение угла скольжения от 0 до 20° приводит к изменению моментных характеристик самолета вследствие ухудшения работы силовой установки и несимметричному обдуву крыла тянущими воздушными винтами. Расчеты выполнены по программе, основанной на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса. Ключевые слова: тянущий воздушный винт, крыло сверхбольшого удлинения, угол скольжения, моментные характеристики, CFD-методы.

25.05-01.183 **Закритическое поведение упругих тонкопленочных элементов конструкций с незамкнутым сечением.** Карпов Е.В., Прохоров А.Н., Ларичкин А.Ю., Говердовский В.Н. *Прикладная механика и техническая физика.* 2025. 66, № 2, с. 213-220. Рус.

Предложен подход к моделированию и оценке параметров тонких упругих незамкнутых оболочек и пластин при закритическом деформировании. Рассмотрена конечно-элементная модель продольного изгиба пластины желобообразного профиля,

проведено численное моделирование поведения пластины с квазиупругой жесткостью и исследована эффективность использования такой пластины в качестве упругого элемента виброизолирующего механизма. Выполнено сравнение результатов конечно-элементного моделирования с результатами расчетов по аналитическим моделям и с экспериментальными данными. Проведен анализ возможностей регулирования квазиупругой жесткости пластин. Полученные результаты свидетельствуют о возможности широкого применения подобных упругих элементов в системах виброизоляции наземного и бортового оборудования DOI: 10.15372/PMTF202415547.

См. также **25.05-01.19**, **25.05-01.171**, **25.05-01.173**

Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

См. **25.05-01.174**, **25.05-01.179**, **25.05-01.183**

Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

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

25.05-01.184 **Геофизический комплекс INOVA: аппаратно-методическое обеспечение экспериментов по разрушению горных пород.** Патонин А.В., Шихова Н.М., Пономарёв А.В., Смирнов В.Б. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 35. Рус.

На базе программно-управляемого гидравлического пресса Inova ZUZ 1000 создан геофизический комплекс, который установлен в Геофизической обсерватории Борок ИФЗ РАН. В состав комплекса помимо самой электрогидравлической системы, которая осуществляет управление положением поршня пресса, входит система создания всестороннего сжатия, система подачи порового давления, тензометрическая измерительная система, многоканальная система ультразвукового прозвучивания и регистрации отдельных волновых форм сигналов акустической эмиссии (АЭ), многоканальная система непрерывной регистрации потока акустической энергии. Синхронная работа систем управления прессом и измерительных станций осуществляется посредством 4-х канальной станции синхронизации.

25.05-01.185 **Акустическая эмиссия как метод лабораторного изучения закономерностей крупномасштабного разрушения горных пород.** Дамаскинская Е.Е. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 59-60. Рус.

В науках о Земле глобальной целью сейсмологических измерений и АЭ-измерений в шахтах является поиск параметров, которые изменяются характерным образом при приближении к катастрофическому разрушению. В естественных условиях горные породы находятся в сложном напряженном состоянии: давление вышележащих пластов, боковое сжатие, сдвиговые напряжения, возникающие из-за движения тектонических плит. В образовании разлома определенного размера участвуют разломы всех масштабов меньше его; следовательно, процесс разрушения должен быть исследован на всех уровнях. Это ключевой момент, позволяющий лабораторным исследованиям пролить свет на подготовку землетрясений. В связи с тем, что землетрясения в земной коре и явления АЭ в напряженных породах демонстрируют механическое и статистическое сходство в широком диапазоне аспектов, АЭ в образцах можно в ограниченном масштабе рассматривать как модель природных землетрясений. В отличие от натуральных измерений, в лабораторных экспериментах имеется возможность дифференцировать влия-

ние различных параметров на развитие процесса разрушения. В данном обзоре основное внимание уделено лабораторным экспериментам по разрушению горных пород, в которых АЭ используется в качестве инструмента, позволяющего исследовать эволюцию дефектов.

Сейсмическое зондирование геологических структур

25.05-01.186 **Метод микросейсмического зондирования: исследование разрешающей способности, области и примеры применения.** Горбатилов А.В. *Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2.* М.: ИФЗ. 2013, с. 3-17. Рус.

Метод микросейсмического зондирования (ММЗ) относится к группе пассивных методов сейсморазведки и может применяться при решении геолого-геофизических и структурных задач для различных классов геологических объектов в различных географических и климатических условиях. К настоящему времени накоплен определенный опыт использования ММЗ в научно-исследовательских и промышленных проектах на территории России, стран СНГ и за рубежом. Распространёнными в мире методами, родственными ММЗ, являются: 1) модификация метода поверхностно-волновой томографии на основе оценки по кросскорреляционной функции фазовой части функции Грина; 2) модификация метода пространственной корреляции (SPAC-методы); 3) модификация метода отношения компонент (H/V-методы).

25.05-01.187 **Флюиды земной коры и их влияние на сейсмические процессы.** Киссин И.Г. *Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2.* М.: ИФЗ. 2013, с. 18-23. Рус.

Участие воды в сейсмических процессах было обнаружено после того, как в середине прошлого века в разных регионах произошли землетрясения, связанные с нарушениями водного режима — заполнением крупных водохранилищ и закачкой жидкости в глубокие скважины. Сейчас такие землетрясения, которые получили название вызванных, или наведенных, насчитываются многими десятками, перечень факторов, их вызывающих, расширился за счет иных видов техногенной деятельности (сильные взрывы и др.), которые влияют на напряженно-деформированное состояние (НДС) среды в сейсмогенных зонах. На начальном этапе исследований по прогнозу землетрясений роль воды в сейсмических процессах, в частности влияние эффекта Ребиндера, рассматривалась лишь в общем виде. В нынешнее время некоторые аспекты воздействия воды, точнее флюидов, на землетрясения стали более понятными, но, в целом, остаются слабо изученными и редко привлекают вни-

мание исследователей. Выяснение роли флюидов в механизме землетрясений представляет интерес еще с одной позиции — тектонофизической: ведь разломообразование в прежние геологические эпохи, очевидно, происходило таким же образом, что и в современных очагах землетрясений. В тех, пока немногочисленных работах, где рассматривается влияние флюидов на сейсмические процессы, флюиды представлены как некая субстанция, которая всегда присутствует в окрестностях очага землетрясений и может принять участие в его формировании. Такой подход, сохраняющийся до наших дней со времени известной статьи о дилатансно-диффузионной модели очага землетрясения, не соответствует современным представлениям о флюидах в земной коре и мантии. Флюиды в сейсмогенных зонах не имеют сплошного распространения. Кроме того, химический состав флюидов и их физические свойства неодинаковы в таких зонах, приуроченных к разным глубинам. В статье рассматривается преимущественно роль флюидов в очагах землетрясений, локализованных в земной коре, ибо для глубоких (мантийных) очагов обстановка более сложна и во многом еще остается гипотетичной.

25.05-01.188 Физические основы идентификации результатов измерений в современной геодинамике. Кузьмин Ю.О. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 24-38. Рус.

Проблемы идентификации измерений современных геодинамических (геодеформационных) процессов в последние годы существенно обострилась. Это обусловлено тем, что в арсенале исследователей изучающих современные деформации (вертикальные и горизонтальные смещения, наклоны и т.п.) земной поверхности появились спутниковые и скважинные методы измерений, которые внесли свою, подчас проблемную специфику в традиционные методы наземных геодезических и обсерваторских геофизических (наклономерно-деформометрических) наблюдений. Сюда относятся такие базовые понятия как «чувствительность», «точность», «пространственно-временное разрешение», «абсолютно и относительно измеренные величины», «адекватность идентификации измеренных данных», которые используются в теории измерения физических (механических) величин. Ситуация усугубляется тем, что некоторые исследователи полагают, что наблюдения не являются измерениями в строгом смысле этого понятия, т.к. «полевая» специфика налагает ограничения, которые не свойственны строгим лабораторным методам. Кроме того мониторинговые, повторные во времени измерения не воспроизводимы, т.к. повторить их в тех же условиях уже не возможно. Подчас это действительно так, но, по мнению автора, процедура наблюдения должна максимально приближаться к процедуре измерения. Для этого необходимо проводить тщательный метрологический анализ системы «измерительный датчик — вмещающая среда». Причем это касается не только тривиальных оценок статистической значимости получаемых результатов с позиции теории погрешности наблюдений. Наблюдения только тогда становятся измерениями, когда удовлетворяют основным принципам (аксиомам) метрологии. Только в этом случае результаты наблюдений могут быть сравнимы, адекватно идентифицируемы и, следовательно, репрезентативны. Рассмотрен ряд проблем идентификации результатов наблюдений на примере некоторых современных средств «измерения» кинематики (смещений и деформаций) земной поверхности.

25.05-01.189 Смены волн в динамической пороупругости и проблемы современной сейсмологии. Николаевский В.Н. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 39-55. Рус.

Одна из загадок современной сейсмологии на нефть и газ состоит в том, что на предпочтительных, но обязательно низких частотах (10—20 Гц) в отражениях сейсмических волн четко видны залежи углеводородов. На этих частотах в плоскости продуктивного пласта удается выделять и текущий констур нефтеносности. Было замечено, что эффект низких частот срабатывает и в зонах «сейсмической тени», возникающей ниже газоносных массивов и обычно понимаемой как «мутность» (turbidity) геофизической среды. Много вопросов возникает и

в связи с явлениями пассивной сейсмологии. Например, почему в дневное время ее сигналы сильнее, чем в ночное? Иначе говоря, имеется целый комплекс взаимосвязанных вопросов, ответов на которые в литературе до сих пор не было. Автор считает, что искать ответы надо в специфике волн в насыщенных пористых средах. Используются результаты докторской диссертации автора 1966, добавляя понятия как доминантных частот, резонанса насыщенного флюидами пласта и опыт вибровоздействия на пласт.

25.05-01.190 Роль флюида в формировании глубинных неоднородностей коры и верхней мантии. Павленкова Н.И. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 56-68. Рус.

Структурные особенности земной коры и верхней мантии Земли, выявляемые геофизическими исследованиями, определяются многими факторами. Основными из них являются изменчивость слагающего их вещества, температурного режима и давления. Большое значение имеют изменения механических свойств вещества при изменении его напряженного состояния, степени разрушенности, расланцеванности и др. Глубинные сейсмические и электромагнитные исследования показали также, что важная роль в формировании структурных особенностей верхних оболочек Земли принадлежит флюидам. Их повышенная концентрация в отдельных слоях создает зоны пониженных скоростей (волноводы) и повышенной электропроводности, а потоки глубинных флюидов формируют наклонные и вертикальные неоднородные зоны. Геохимические исследования вещества земной коры и верхней мантии дают основание предполагать большую роль глубинных флюидов и в таких глобальных процессах, как формирование континентов и океанов. Рассматриваются эти проблемы на конкретных примерах.

25.05-01.191 Принцип минимума потенциальной энергии гравитационного напряженного состояния и проблема устойчивости слоистых сред. Ребецкий Ю.Л. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 69-78. Рус.

В геодинамике считается, что практически единственным механизмом, обеспечивающим в локальном и региональном масштабе формирование внутрикорового течения только за счет собственной механической энергии объема, является плотностная инверсия (более плотный слой лежит на слое меньшей плотности). Другие механизмы деформирования слоев тектоносферы, включая термо-гравитационную конвекцию, требуют совершения работы на границах деформируемых объемов или подвода тепла извне. В этом случае источник энергии лежит за пределами деформируемого массива. Рассматривается еще один механизм внутрикорового и, возможно, верхне мантийного течения, который энергетически обеспечен внутренним механическим состоянием самой среды, деформируемой этим течением.

25.05-01.192 Реологическая модель и особенности напряженно-деформированного состояния региона активной сдвиговой разломной зоны на примере разлома Сан-Андреас. Романюк Т.В. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 79-112. Рус.

Приводится краткое (схематичное) описание цепочки главных кайнозойских геодинамических событий на юго-западной окраине Северо-Американского континента, сопровождавших преобразование конвергентной межплитовой границы в трансформную и внесших подавляющий вклад в современный облик тектонических провинций и строение коры региона разломной системы Сан-Андреас, на которой релаксируют относительные сдвиговые перемещения Тихоокеанской и Северо-Американской литосферных плит. На основе обобщения большого количества разнообразных геолого-геофизических данных скомпилирована 3-D комплексная тектонофизическая модель региона, обоснован выбор реологической модели среды для различных блоков/слоев коры и мантии. Описан механизм миграции на восток главной плоскости скольжения в разломной системе Сан-Андреас и особенности современного геоди-

намического режима системы. Сведены геолого-геофизические данные, на которых основаны наши представления о структуре трансформной разломной системы Сан-Андреас и тонкой структуре разлома Сан-Андреас, который является главным разломом системы, аккомодирующим более половины сдвиговой активности в системе. Обсуждаются оценки величин и ориентации напряжений, действующих как непосредственно на разломе, так и в соседних к нему блоках, флюидный режим, степень анизотропности материала разломной области и т.п. Обоснована модель непосредственно разломной зоны, которая представляет собой зону дробления шириной 100–500 м (с породами повышенной трещиноватости и деформативности), характеризующимися пониженными сейсмическими скоростями и электрическим сопротивлением, а также повышенной пористостью. Внутри зон дробления располагаются стрэнды — зоны шириной 2–3 м, в которых локализуются сдвиговые движения. С позиций сейсмического режима различают «запертые» и «криповые» сегменты разломов. Результаты эксперимента SAFOD показали, что деформации механически слабой «криповой» части разлома Сан-Андреас контролируются наличием слабых минералов (глинистые пленки на поверхностях фолляции), а не высоким флюидным давлением или другими предполагаемыми гипотетическими механизмами.

25.05-01.193 Инновационные методы томографии о скоростной структуре в области очагов. Смагличенко Т.А. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 132-144. Рус.

Заключение. Основное внимание сосредоточено на новой технологии решения задачи инверсии томографических данных, которая была разработана автором лекции для того, чтобы преодолеть две важные составляющие проблемы решения любой обратной задачи: неединственность и отсутствие устойчивости результатов. Более того, в процессе обращения сейсмических данных исследователь часто получает численные значения, не имеющие геофизического смысла, что говорит о сильной некорректности решения задачи. Предлагаемый метод дает возможности для преодоления всех этих проблем. Однако, как показывает опыт, метод дает хороший результат при наличии большого числа данных, так как база его — статистический выбор решения на основе предложенных критериев. Результаты тестирования предлагаемого подхода и применение его к реальным данным сравниваются с соответствующими результатами метода двойных разностей, также нового, но разработанного зарубежными коллегами. При одних и тех же условиях научного эксперимента эффективность дифференцированного подхода подтверждена. На основании этого можно более утвердительно сказать о полученной скоростной структуре в области очагов землетрясений. Предполагается, что после того, как события произошли, очаги попадают в области, характеризующимися сильным занижением объемных продольных Р-волн.

25.05-01.194 Изучение глубинного строения активных вулканов геофизическими методами. Собисевич А.Л. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 145-165. Рус.

Рассмотрено современное состояние проблемы изучения глубинного строения, механизмов деятельности и мониторинга активных вулканических центров геофизическими методами, включая и технологии дистанционного зондирования.

25.05-01.195 Соотношения регионального метаморфизма и тектоники в подвижных поясах фанерозоя. Сомин М.Л. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 166-174. Рус.

Проведено сравнение структуры альпийской складчатой системы Б. Кавказа, где нет регионального метаморфизма, и структуры Кубы, доальпийского Б.Кавказа и Альп, где он проявился широко и многообразно. На альпийском Б. Кавказе нет больших надвигов и признаков субдукции, т.е. общее сокращение коры незначительно. На Кубе, в Альпах, в палеозойском фундаменте Б.Кавказа установлены зоны субдукции и тектоническое «сдвигание» коры — свидетельства громадной ве-

личины горизонтального сокращения. Сделан вывод, что зоны молодого регионального метаморфизма занимают осевое положение в складчатых системах, испытавших большое сокращение, и часто представляют собой тектонические окна в аллохтонных массах. Три необходимых компонента регионального метаморфизма (высокая температура, глубокое погружение и деформации) развиваются при коллизии в результате процессов деляминации литосферы, а также в надсубдукционной обстановке в основании островных дуг.

25.05-01.196 Эффекты в инженерной и природной среде и шкала интенсивности землетрясений. Татевосян Р.Э. Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013, с. 192-202. Рус.

Автор ставит целью показать, что воздействие землетрясения на инженерную и природную среду носит сложный, комплексный характер. Даже желание сконструировать шкалу самого высокого ранга не оправдывает потери целостной картины. Инструментальные средства пока не позволяют столь компактно и полно представить такую важнейшую характеристику землетрясения, как интенсивность. Несмотря на бурное развитие инженерной сейсмологии, макросейсмика не утратила своего значения. В работе представлена только одна, специфическая проблема оценки интенсивности. Автор надеется, что и это, тем не менее, позволило показать, какие сложные вопросы призваны решить макросейсмические исследования.

25.05-01.197 Акустические колебания в стволе глубокой скважины, порождаемые его упругими деформациями в поле сейсмических волн удаленного источника. Диденкулов И.Н., Малеханов А.И., Чернов В.В. Проблемы прочности и пластичности. 2024. 86, № 2, с. 129-138. Рус.

Анализируются возможности оригинального подхода к построению распределенной системы сейсмического мониторинга на основе стационарной сейсмоакустической трассы распространения зондирующего сигнала. Такая стационарная трасса может быть образована мощным источником низкочастотных вибрационных колебаний, расположенным на земной поверхности, и удаленным от него на десятки (или более) километров пунктом регистрации сигналов. В качестве мощного вибрационного источника предлагается использовать агрегаты гидроэлектростанции, имеющие типичную массу в несколько сотен тонн и создающие в среде земных пород вибрационные сигналы с характерными частотами от единиц до одного-двух десятков герц (включая гармоники), а в качестве пункта регистрации — глубокую скважину, оснащенную необходимыми средствами измерений. Для регистрации низкочастотных продольных волн в толще окружающих скважину земных пород предлагается достаточно простой и эффективный метод, основанный на использовании протяженного ствола скважины как распределенной сейсмической антенны и микрофона, установленного на верхнем срезе скважины. Показано, что напряжения в поле продольной сейсмической волны, воздействуя на ствол скважины, вызывают изменение его диаметра, что приводит, в свою очередь, к возникновению колебаний столба заполняющей ствол жидкости на частотах сейсмических волн, генерируемых источником. Рассмотрена конкретная схема реализации обсуждаемого подхода на примере Нижегородской гидроэлектростанции и удаленной от нее на расстояние около 40 км Воротиловской глубокой скважины. Приведены количественные оценки и экспериментальные данные, демонстрирующие возможности использования соответствующей стационарной трассы.

25.05-01.198 Применение гидролокационных комплексов для обнаружения участков газовой разгрузки морского дна. Каевичер В.И., Смирнов В.М., Смольянинов И.В. Океанология. 2024. 64, № 4, с. 706-712. Рус.

Приведены и проанализированы экспериментальные результаты геолого-геоморфологических наблюдений в некоторых морских районах с активной газовой разгрузкой из донных отложений. Работы были выполнены с использованием инструментального комплекса геофизической гидролокационной аппаратуры, который включал акустический профилограф и батиметрический гидролокатор бокового обзора, использующий

интерферометрический метод измерения глубин в полосе обзора. Полученные результаты подтверждают возможность применения комплекса для классификации морфологии морского дна и контроля процессов газовой разгрузки. Также эти данные дистанционного картирования дна могут быть использованы для интерпретации результатов спутникового дистанционного зондирования.

25.05-01.199 Сейсмоакустический гидрофизический комплекс для мониторинга системы атмосфера—гидросфера—литосфера. Seismoacoustic hydrophysical complex for monitoring the atmosphere—hydrosphere—lithosphere system. *Dolgikh G.I., Valentin D.I., Batyushin G.N., Dolgikh S.G., Kovalev S.N., Koren' I.A., Ovcharenko V.V., Yakovenko S.V. Приборы и техника эксперимента.* 2002. 45, № 3, с. 120-122. Англ.

The seismoacoustic hydrophysical complex intended for investigation of the interaction of geospheres wave fields in a frequency range from 1 μ Hz to 1 Hz is described. The complex consists of a shorebased system of laser strain meters, laser nanobarograph, bottom station with a hydrophone and a temperature-sensitive element, weather station, and seismoacoustic radiator. The use of modern laser-interferometry methods provided a deformation sensitivity of $\approx 10^{-10}$ and an atmospheric-pressure sensitivity of 10 mPa.

См. также **25.05-01.3, 25.05-01.24, 25.05-01.176**

Исследование геологических сред с использованием сейсмического шума

См. **25.05-01.3, 25.05-01.24, 25.05-01.176, 25.05-01.186, 25.05-01.187, 25.05-01.188, 25.05-01.189, 25.05-01.190, 25.05-01.191, 25.05-01.192, 25.05-01.193, 25.05-01.194, 25.05-01.195, 25.05-01.196, 25.05-01.197**

Обратные задачи сейсмоакустики

См. **25.05-01.3, 25.05-01.24, 25.05-01.29, 25.05-01.186, 25.05-01.187, 25.05-01.188, 25.05-01.189, 25.05-01.190, 25.05-01.191, 25.05-01.192, 25.05-01.193, 25.05-01.194, 25.05-01.195, 25.05-01.196**

Акустика землетрясений, вулканических извержений, иных катастрофических природных явлений

Акустическая экология; Шумы и вибрации

Шумы и вибрации в воздушной среде

См. **25.05-01.177**

Подводные шумы и вибрации

25.05-01.202 Исследование свойств и совместной работы резонансных звукопоглотителей в зависимости от их геометрии и взаимного расположения. *Костылев К.А., Салин М.Б., Костеев Д.А., Усачева И.А., Горшонков А.С., Егшин О.О. Динамика и виброакустика.* 2024. 10, № 2, с. 70-83. Рус.

В настоящее время проблема снижения шума, генерируемого морским оборудованием во время эксплуатации, остается актуальной и недостаточно исследованной. Чрезмерный шум не только негативно влияет на морскую жизнь, но и может стать инструментом экономического давления на суда из «нежелательных» стран. Данное исследование является частью проекта, целью которого является изучение возможности использования резонансных звукопоглотителей в качестве конструктивных материалов для судостроения. Эти инновационные материалы могут быть использованы для изготовления переборок

См. **25.05-01.198**

Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

25.05-01.200 Достоверность акустико-эмиссионного контроля магистральных трубопроводов. *Мисейко А.Н. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 25-26. Рус.

Приводятся оценки достоверности результатов АЭ-контроля магистральных трубопроводов по альтернативному признаку на основе данных, полученных при диагностировании нескольких протяженных участков линейной части магистрального нефтепровода «Омск—Иркутск».

25.05-01.201 Подводные дроны для обследования нефтегазовой инфраструктуры: преимущества и перспективы на примере объектов нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отрасли. *Шестерин Н.Д., Кочергин А.Н., Пивсаев В.Ю., Соколов С.А., Редька Д.Н., Путинцев И.А. Морские интеллектуальные технологии.* 2025, № 2, с. 201-211. Рус.

Рассматриваются преимущества и перспективы применения подводных роботов для обследования объектов нефтегазовой инфраструктуры. Проведен анализ специфики водолазных работ и ограничений, связанных с их выполнением. Описаны основные типы подводных аппаратов, их классификация и задачи, которые они могут решать. Приведен успешный опыт применения телеуправляемого подводного аппарата (ТНПА) «Трионикс-6М» для обследования причального сооружения и прилегающей акватории нефтеперерабатывающего завода. Показано, что использование ТНПА позволяет повысить безопасность персонала, сократить сроки выполнения работ и улучшить качество данных. Особое внимание уделено интеграции гидролокатора бокового обзора (ГБО) и системы позиционирования, что обеспечивает точную фиксацию координат обнаруженных объектов. Рассмотрены перспективы развития подводной робототехники, включая внедрение автономных аппаратов для автоматизации процессов обследования. Результаты работы демонстрируют значительный потенциал применения подводных дронов в нефтегазовой отрасли. Ключевые слова: подводные дроны, нефтегазовая инфраструктура, ТНПА, гидролокатор бокового обзора, водолазные работы, роботизированные технологии, безопасность, подводные аппараты.

и других конструктивных элементов, которые могут не только выполнять базовые функции опоры, разделения и изоляции, но и поглощать шум, что в конечном итоге снижает общий уровень шума, исходящего от судна.

См. также **25.05-01.128**

Воздействие шумов и вибраций на сооружения и технику

См. **25.05-01.26**

Структурная акустика и вибрации

См. **25.05-01.41, 25.05-01.48**

Шумоизоляция

См. **25.05-01.129, 25.05-01.202**

Активные методы подавления шума

См. **25.05-01.171**

Акустика помещений; Музыкальная акустика

Акустика жилых помещений

25.05-01.203 Улучшение изоляции ударного шума упругими прокладками в конструкциях плавающих полов. *Градова О.В., Роголёв А.М. Строительные материалы.* 2024, № 6, с. 26-29. Рус.

Комфортная акустическая среда в жилых и общественных зданиях является важной задачей, решить которую возможно только в комплексе специальных конструктивных мероприятий, одним из которых служит улучшение звукоизоляции ограждающих конструкций в том числе междуэтажных перекрытий. В статье приведены результаты лабораторных испытаний строительных материалов, используемых в качестве упругих прокладок при устройстве плавающих полов. Описаны составы плавающих полов, приведены графики частотной зависимости улучшения изоляции ударного шума испытанными конструкциями, а также их одночисловые характеристики.

25.05-01.204 Оценка влияния характеристик вибропоглощающей мастики слоистых элементов на звукоизоляцию двойного ограждения. *Иванова А.В., Шубин И.Л. Строительные материалы.* 2025, № 6, с. 5-8. Рус.

В гражданских зданиях в качестве внутренних перегородок широко используют двойные ограждающие конструкции с применением в их составе слоистых элементов. Перегородки, имея небольшую поверхностную плотность, существенно уменьшают нагрузку на несущие конструкции здания. Такие конструкции возводятся в короткие сроки и соответственно снижаются затраты на строительство. Для соблюдения нормативных требований по звукоизоляции в перегородках этого вида увеличивают количество слоев листовых обшивок и заполняют внутреннее пространство звукопоглощающим материалом. Это значительно повышает толщину и поверхностную плотность ограждения. Анализ предложенных на данный момент легких ограждений и выполненная оценка их акустической эффективности показывают возможность повышения звукоизолирующих качеств таких элементов за счет совершенствования конструктивных решений, и в частности путем использования в двойных ограждениях слоистых элементов с вибропоглощением. Акустическая эффективность таких конструкций возрастает за счет внутренних потерь в слоистых элементах. В работе представлены результаты экспериментальных исследований звукоизоляции двойных ограждений из слоистых элементов с вибропоглощением, выполненных в больших реверберационных помещениях Вологодского государственного университета, дан анализ влияния динамических характеристик вибропоглощающих материалов на их звукоизоляцию. Установлено, что для рационального проектирования двойных звукоизолирующих конструкций из слоистых элементов необходимо иметь механизм регулирования характеристик вибропоглощающих слоев. Это даст возможность получать эффективные звукоизолирующие конструкции и разрабатывать ограждения с заданными параметрами еще на стадии проектирования.

Общие вопросы строительной акустики

25.05-01.205 Новый Свод правил 415.1325800.2023 по акустическому проектированию спортивно-зрелищных сооружений. *Перетокин А.В., Щиряцкий Х.А. Строительные материалы.* 2024, № 6, с. 30-34. Рус.

Свод правил 415.1325800.2018 «Здания общественные. Правила акустического проектирования», который был выпущен в 2018 г., содержит методы акустического проектирования крытых спортивно-зрелищных сооружений вместимостью до 25 тыс. человек, воздушный объем которых ограничен значением 50 тыс. м³. Однако за последние десять лет в России началось массовое строительство крупных спортивных арен вместимостью более 50 тыс. человек, воздушным объемом более 500 тыс. м³. Кроме того, все современные спортивные объекты проектируются и строятся как многофункциональные площадки, на которых, помимо спортивных соревнований, могут проводиться и концертно-развлекательные мероприятия. Таким образом, подходы и методы акустического проектирования, изложенные в Своде правил 2018 г., в настоящее время не отвечают особенностям современных спортивных арен большой вместимости и большого воздушного объема, в которых важно обеспечить высокий уровень акустического комфорта. В представленной статье рассмотрен новый Свод правил 415.1325800.2023 «Здания общественные. Правила акустического проектирования», в котором предложены современные подходы к определению оптимального времени реверберации в зависимости от воздушного объема помещения. Рассмотрен дополнительный параметр нормирования акустического комфорта — индекс фанатской поддержки FSI. Актуализированы данные по звукопоглощающим характеристикам современных материалов, применяемых в отделке арен. Предложены простые аналитические алгоритмы оценки времени реверберации на аренах открытого, полуоткрытого и закрытого типов.

25.05-01.206 Исследование факторов, влияющих на звукоизоляцию существующих ограждений с дополнительной звукоизоляцией на основе использования слоистых вибродемпфируемых элементов. *Кочкин Н.А., Иванова А.В., Шубин И.Л., Кочкин А.А. Строительные материалы.* 2024, № 6, с. 40-45. Рус.

Представлены результаты экспериментальных исследований звукоизолирующих качеств ограждений с гибкими плитами на основе, выполненных в реверберационных помещениях. Проанализировано влияние некоторых параметров на их звукоизоляцию. Показано, что устройство гибких плит наиболее рационально, когда индекс изоляции воздушного шума основной конструкции находится в пределах 40–45 дБ. При более высоких индексах эффективность дополнительной звукоизоляции снижается.

См. также **25.05-01.50**, **25.05-01.204**

Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

Компьютерная обработка результатов эксперимента

25.05-01.207 Оптимизация программного обеспечения для автоматизированной акустико-эмиссионной диагностической системы. *Носов В.В., Артющенко А.П. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 53-55. Рус.

Предлагается создание программного обеспечения, основан-

ного на многоуровневой модели временных зависимостей параметров акустической эмиссии, обеспечит упрощение процесса взаимодействия потенциального пользователя с моделью и даст возможность потенциальному пользователю автоматизировано оценивать остаточный ресурс технических объектов с минимальной неопределенностью и проводить информативную оценку прочностных свойств материалов.

25.05-01.208 Разработка конечно-элементной модели резонатора для вибрационного сигнализатора уровня камертонного типа. *Бражников А.М., Ганигин С.Ю. Динамика и виброакустика.* 2025. 11, № 4, с. 54-62. Рус.

Представлены результаты разработки конечно-элементной модели резонатора вибрационного сигнализатора уровня камертонного типа. Модель разработана в программном продукте Ansys Workbench. Предложены варианты оценки характеристик резонатора, включающие прочностной, модальный, гармонический анализы. Разработана модель свободных затухающих колебаний резонатора, включающую динамический прочностной расчёт в сочетании с модулем вычислительной гидродинамики. Модель позволяет производить оценку частоты колебаний резонатора в жидкостях с различными плотностями и вязкостями. Результаты моделирования сопоставлены с лабораторными экспериментами. Сравнение показало отклонение по резонансным частотам не более 7%. Результаты моделирования будут использованы для проведения структурной оптимизации геометрии резонатора для расширения диапазона плотностей и вязкостей рабочих жидкостей сигнализатора уровня.

25.05-01.209 Алгоритм автоматического шумоподавления для цифровой системы передачи речи. Загудулли Ю.Т., Свояков А.С. *Морской вестник*. 2025, № 2, с. 91-93. Рус.

Современные системы радиосвязи работают в условиях сложной помеховой обстановки, во многом обусловленной влиянием средств радиоэлектронной борьбы и высокой загруженностью выделенных частотных каналов. Актуальная задача передачи речевых сообщений как по закрытым, так и по открытым каналам затруднена из-за наличия тональных помех и шума, уровень которого может существенно превышать уровень полезного сигнала. Для повышения работоспособности систем передачи речи необходимо использовать алгоритмы автоматического шумоподавления. Одним из наиболее часто употребляемых методов подавления шума является спектральное вычитание. Он основан на вычислении спектра мощности для каждого сегмента входного сигнала, умноженного на весовую функцию, и вычитании из него спектра мощности зашумленного сигнала. Спектр мощности шума оценивается по сегментам сигнала, в которых речь отсутствует. Особенностью такого метода является возникновение так называемого «музыкального шума», который на слух воспринимается как музыкальные тона, имеющие хаотический порядок. Этот эффект ухудшает разборчивость речи. Для минимизации этого шума используется модифицированный алгоритм спектрального вычитания. Рассмотрим его подробнее. В статье представлен алгоритм автоматического шумоподавления речевых сигналов, основанный на методе спектрального вычитания с ограничением спектрального минимума шума. Авторами предложена доработка этого алгоритма для формирования выходного сигнала в квадратурах для дальнейшего сопряжения с универсальным квадратурным модулятором. Для этого вместо преобразования Гильберта применяется фильтрация в частотной области с помощью ДПФ-фильтра. Создана имитационная модель алгоритма в программе Matlab и проведено исследование эффективности шумоподавления в канале с белым шумом и узкополосной помехой. Оценка эффективности проводилась путем сравнения сегментной ОСШ и уровня узкополосной помехи до применения алгоритма и после этого.

25.05-01.210 Методы обработки первичных данных в задачах прогнозирования технического состояния больших технических систем. Мажайцев Е.А., Дмитриев В.Ф., Семенова Е.Г., Смирнова М.С., Дементьев И.И. *Гидроакустика*. 2025, № 60, с. 87-93. Рус.

Описаны методы обработки первичных данных для решения задач прогнозирования технического состояния больших технических систем. Выполнен анализ целесообразности комбинирования методов обработки первичных данных и их комплексного использования с моделью нейронной сети в обеспечение создания системы поддержки принятия решений в области технической диагностики. Полученные результаты предназначены для автоматизации больших технических систем.

25.05-01.211 Применение микроЭВМ и системы КАМАК для автоматизации акустических измерений. Application of microcomputers and the CAMAC system

for automation of acoustic measurements. *Voronov B.B., Kokshajskij I.N., Korobov A.I. Приборы и техника эксперимента*. 1991. 34, № 4, с. 96-99. Англ.

An experimental facility for study on acoustic properties of solids operating on-line with the Electronica-NTs-80 microcomputer is described. Operating frequency range is 1—400 MHz, temperature range is 4.2—400 K. The accuracy of determination of acoustic wave velocity relative variation is 10^{-7} , wave amplitude is $\lesssim 2\%$. The method of quadratures is used for measuring acoustic wave velocity relative variation, attenuation factor and secondary harmonic.

25.05-01.212 Компьютерная акустическая система диагностики двухфазных потоков. Computer acoustic diagnostic system for two-phase flows. *Ivanov V.V., Labutin S.A., Mel'nikov V.I. Приборы и техника эксперимента*. 1993. 36, № 1, с. 238-239. Англ.

The authors describe a system determining the local and volume steam content, the velocity of the motion and the size of steam or gas bubbles in a liquid flow. The complex includes four acoustic converters, a measuring part connected with a computer and made in the form of a plate located inside the computer and a package of applied programmes. The measurement of the parameters of two-phase flows is based on the measurement of a signal passing from a radiator of an acoustic pulse to an acoustic receiver. The main technical characteristics are given.

См. также **25.05-01.21, 25.05-01.130, 25.05-01.150, 25.05-01.157, 25.05-01.165, 25.05-01.166**

Компьютерный эксперимент и численное решение классических линейных задач

25.05-01.213 Об одном методе классификации гидроакустических источников на выходе адаптивной пространственной обработки. *Малышкин Г.С. Акустический журнал*. 2025. 71, № 3, с. 449-465. Рус.

Описана методика и приведены результаты морских экспериментов по построению и анализу пеленгационных рельефов и регистрируемых траекторий с позиций классификации наблюдаемых источников (надводные и подводные объекты) в режиме шумопеленгования применительно к осенним гидроакустическим условиям в районе берегового клина. Показано, что в режиме шумопеленгования в качестве дополнительного к известным классификационным признакам для разделения надводных и подводных объектов может использоваться модуляция пеленга траекторий, возникающая при распространении сигналов с отражением от границ — поверхности и дна. Эта модуляция эффективно выявляется после ограничения мощности сильных сигналов.

Акустическая голография и томография

25.05-01.214 Восстановление пространственного распределения акустических характеристик на основе аппарата угловых гармоник. *Зотов Д.И., Румянцев О.Д., Черняев А.С. Известия РАН. Серия физическая*. 2025. 89, № 1, с. 107-113. Рус.

Предложена усовершенствованная численная реализация двумерного функционально-аналитического алгоритма, предназначенного для восстановления пространственных распределений скорости звука и коэффициента поглощения в области томографирования. Продемонстрирована высокая точность получаемых томограмм даже при больших волновых размерах и сложной внутренней структуре исследуемого объекта.

См. также **25.05-01.31, 25.05-01.123, 25.05-01.124, 25.05-01.193**

Обращение фронта и времени, адаптивные системы

См. **25.05-01.213**

Акустика живых систем; Биологическая акустика

Распространение акустических волн в тканях и органах

25.05-01.215 Экспериментальное моделирование артефактов изображений при ультразвуковом исследовании легких человека. *Сорокин С.Д., Рябков М.В., Цысарь С.А., Сапожников О.А., Хохлова В.А.* *Акустический журнал*. 2025. 71, № 3, с. 479-488. Рус.

Для анализа механизмов формирования артефактов на ультразвуковом изображении легких человека (так называемых В-линий) были созданы экспериментальные фантомы, состоящие из слоя силикона для акустической имитации межреберных мышц, слоя в виде мелкопористой противоожоговой губки, имитирующей здоровую или отечную ткань легких, фрагмента губки, сокового мешочка мандарина и капли УЗИ геля, имитирующих структуры легочной ткани. Полученные эхограммы были сопоставлены с изображениями, регистрируемыми в клинических случаях патологий легочной ткани. Показано, что возникновение В-линий связано с эффектами множественной реверберации в заполненных жидкостью структурах, имитирующих ткани легких, при этом их яркость и ширина на эхограмме зависят от характерного размера и внутренней структуры фантома.

25.05-01.216 Физико-механические свойства кристаллических структур из желчного пузыря человека. *Невмержицкий Н.В., Роголь М.Л., Ярцев П.А., Тетерин Ю.С., Кальманов А.В., Коршунова Т.В., Кащеева О.Ю., Пажина Е.А., Хохлов В.А.* *Материаловедение*. 2024, № 5, с. 18-25. Рус.

Приведены результаты исследования физико-механических свойств кристаллических структур из желчного пузыря человека (плотности, скорости звука, теплоемкости и др.). Эти параметры необходимы для разработки методов разрушения кристаллических структур при литотрипсии, проведения расчетного моделирования процесса разрушения и выбора характеристик энергетической установки.

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

См. **25.05-01.215**

Речеобразование и восприятие речи

25.05-01.217 Применение алгоритмов глубокого обучения для решения практических задач АЭ-диагностики. *Карлов С.А.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов*. СПб.: Свен. 2021, с. 111-112. Рус.

В последнее время при разработке программного обеспечения в различных областях знаний (компьютерном зрении, распознавании речи и аудиозаписей, обработке естественных языков, робототехнике и др.) все активнее применяется глубокое обучение (Deep Learning — DL), которое показало свою эффективность.

25.05-01.218 Подходы к формированию искусственных акустических шумов при обработке слабоструктурированной речевой информации для решения задач безопасности. *Мещеряков Р.В., Душкин А.В., Щербаков В.А., Евсютин О.О.* *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2025, № 6, с. 30-36. Рус.

Развитие современных технологий обработки слабоструктурированной речевой информации направлено на совершенствование больших языковых моделей за счет изменения структуры систем обработки информации и повышения качества обучающих выборок. Наличие акустических шумов, с одной сто-

роны, является фактором, ограничивающим применимость методов, с другой стороны, на хорошие речевые данные накладываются различные акустические шумы для увеличения объема обучающих выборок. Очевидно, что аудитору необходим очищенный от шумов сигнал, но для автоматической обработки этого не требуется. Ограничения существующих подходов требуют установления более сложных зависимостей с учетом слабой структурированности информации речевого сигнала и формирования метаописания речевого потока. Рассмотрены и классифицированы проблемы на различных уровнях иерархии речевой системы, сделаны выводы о применимости различных методов и алгоритмов обработки речевой информации. Ключевые слова: акустический шум, речевой сигнал, слабоструктурированная информация, обработка, обучающая выборка, языковая модель. DOI: 10.25791/pribor.6.2025.1590.

25.05-01.219 Индивидуальные различия в слухоречевом контроле при шумовой нагрузке. *Лунчикин А.М., Андреева И.Г., Зайцева Л.Г., Огородникова Е.А.* *Акустический журнал*. 2025. 71, № 3, с. 466-478. Рус.

Проверена гипотеза о том, что изменения параметров речи в шуме (эффект Ломбарда) могут иметь существенные индивидуальные различия, в том числе обусловленные полом и возрастом дикторов. Исследованы характеристики ломбардной речи для 12 дикторов (6 мужчин, 6 женщин; возрастные группы: 25—35 и 55—59 лет). Выполняли запись речи, состоящей из отдельных двусложных слов с ударными гласными звуками [а], [i], [u], в тишине и на фоне шума многоголосия уровнем 60 и 72 дБ(А). Определяли изменения частоты основного тона (ΔF_0) и интенсивности (ΔI) голоса в шуме по сравнению с тишиной. Показана разница в ΔF_0 голоса мужчин и женщин в шуме 60 дБ. В группах дикторов молодого и среднего возраста были выявлены различия в ΔF_0 и ΔI для шума 72 дБ. Независимо от пола и возраста выделено два типа дикторов, речь которых различается по ΔF_0 и ΔI при обоих уровнях шума. Для дикторов первого типа в шуме многоголосия ΔF_0 голоса было равно 23 и 57 Гц для уровней 60 и 72 дБ, соответственно, а для второго типа — 16 и 23 Гц. Для дикторов первого типа ΔI равнялось 8 и 16 дБ, а для второго типа — 6 и 10 дБ. Различия в изменениях характеристик, полученные при сравнении ломбардной речи с обычной, могут определяться большим влиянием произвольного слухоречевого контроля для дикторов второго типа.

25.05-01.220 Акустические и перцептивные характеристики эмоциональной речи подростков 12—14 лет с интеллектуальными нарушениями и типичным развитием: сравнительный анализ. *Клешиев Е.А., Ляско Е.Е.* *Акустический журнал*. 2025. 71, № 4, с. 609-616. Рус.

Цель исследования — изучение проявления эмоциональных состояний в речи типично развивающихся подростков и подростков с интеллектуальными нарушениями. Анализировали эмоциональную речь 25 подростков при произнесении текстов бессмыслиц в эмоциональных состояниях «радость—нейтральное—печаль—гнев—страх». Спектрографический анализ речи детей проводили в программе «Cool Edit Pro 2.0». Считали: длительность; значения частоты основного тона; минимальные и максимальные значения частоты основного тона; диапазон частот основного тона; значения интенсивности частоты основного тона по фразе, ударному слову и ударному гласному. Проводили перцептивный эксперимент с участием 10 взрослых аудиторов. Выявлены различия в акустических характеристиках эмоциональной речи типично развивающихся подростков и подростков с интеллектуальными нарушениями: по длительности слов и гласных; минимальным значениям частоты основного тона слов и гласных. По результатам перцептивного эксперимента показано, что типично развивающиеся подростки лучше проявляют состояния печали и гнева в голосе по сравнению с подростками с интеллектуальными нарушениями.

См. также **25.05-01.209**

Физиологическая и психологическая акустика

25.05-01.221 Методика оценки эргономических показателей загруженности оператора гидроакустического комплекса. *Обчинец О.Г., Сопина О.П., Макаручук Ю.И.* *Гидроакустика*. 2025, № 60, с. 25-33. Рус.

Рассматриваются вопросы, связанные с эргономической оценкой загруженности оператора. Предложен методический подход к количественной оценке загруженности оператора гидроакустического комплекса (ГАК), включающий метод расчета периодичности появления отметок целей на экране монитора оператора в зависимости от ситуационных условий работы ГАК.

Акустика эхолоцирующих животных

25.05-01.222 Тональные сигналы (свисты) в вокальных репертуарах афалины (*Tursiops truncatus montagu*, 1821) и белобочки (*Delphinus delphis linnaeus*, 1758).

Агафонов А.В., Мельникова П.К., Панова Е.М., Логоминова И.В., Литвин В.А. *Океанология*. 2024. 64, № 3, с. 484-497. Рус.

Статья посвящена сравнительному анализу подводных акустических сигналов двух симпатрических видов дельфинов, обитающих в Черном море, — афалины и белобочки. Основное внимание было уделено тональным сигналам (свистам) обоих видов. В ходе обработки и анализа акустических сигналов применялась специальная программа *panoCAD 22*. Показаны как сходство физических параметров сигналов обоих видов, так и ряд специфических особенностей свистов, свойственных каждому из них. Обнаружен и проанализирован феномен продуцирования белобочками некоторых типов свистов, имеющих значительное сходство (вплоть до практической идентичности) со «свистами-автографами» афалин.

Звукообразование и восприятие акустических сигналов животными

См. 25.05-01.222

Физические основы технической акустики

Устройства для генерации, репродукции, приема акустических сигналов

25.05-01.223 Актуальные проблемы АЭ диагностики. *Иванов В.И.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов*. СПб.: Свен. 2021, с. 3. Рус.

1. Метод акустической эмиссии (АЭ), являющийся комплексным методом диагностики, применяется как инструмент исследования динамических процессов, излучающих акустические сигналы, и используется при выполнении контроля и диагностирования технических объектов. Поэтому перед специалистами, использующими метод АЭ, стоят задачи, связанные с техногенной (промышленной) безопасностью. 2. При обеспечении промышленной безопасности важную роль играют методы неразрушающего контроля (НК). Основная задача традиционного НК - обнаружить дефект конструкции и определить (измерить) его параметры. Кроме неразрушающего контроля в проблеме сохранения промышленной безопасности (ПБ) участвуют также механика разрушения (МР), материаловедение (металловедение) и ряд других технологий, составляющих систему ПБ. МР решает задачи оценки прочности («статической», циклической, долговременной), а также прогнозирования изменения прочности, деградации материала и конструкции. 3. Ранее МР и материаловедение работали самостоятельно, отдельно от НК и объединялись они только при разработке норм браковки. 4. В настоящее время все эти научно-технические направления объединены в техническом диагностировании (ТД). С самого начала метод АЭ был не только методом НК, но диагностическим методом и привлек тем самым внимание многих исследователей. Метод АЭ подавал большие надежды. Другие методы НК, в отличие от метода АЭ, ранее не могли непосредственно использоваться для определения (расчета) безопасности. 5. В настоящее время традиционные методы значительно продвинулись в оценке промышленной безопасности через использование информации о параметрах дефектов при расчетах вероятности разрушения и, соответственно, риска аварии. Кроме того, в настоящее время в НК начинается практическое использование показателей вероятности обнаружения дефектов (ВОД-РoD-диаграммы) и диаграммы информации о дефектности (ДИД-ROC-диаграммы). 6. Указанные диаграммы в области АЭ пока не настолько проработаны, чтобы их возможно было использовать при диагностировании промышленных объектов. 7. В отличие от других методов при использовании метода АЭ имеется возможность наблюдения деградации материалов промышленных объектов, образования и увеличения размеров дефектов в реальном времени. В потенциале мето-

да АЭ, который необходимо реализовывать, возможна оценка величины скачков трещин и их размеров. 8. Если имеется возможность наблюдать АЭ поведение объекта с самого начала в течение всего срока эксплуатации, то повышается возможность предотвратить разрушение и прогнозировать состояние объекта. Но для этого требуются организационные мероприятия по созданию систем АЭ мониторинга. 9. Поэтому пока мы говорим о предотвращении разрушения. Когда источник из 3-го класса трансформируется в 4-й класс для некоторых материалов и конструкций прогнозирование возможно за 20–10% до разрушения. Но это необходимо каждый раз подтверждать, прежде чем использовать для оценки опасности разрушения. 10. Рассмотрен ряд проблем и задач, которые необходимо решать при осознанном использовании метода АЭ для диагностики технических объектов.

25.05-01.224 Метод акустической эмиссии как тонкий инструмент для исследования деформационных процессов. *Мерсон Д.Л., Виноградов А.Ю.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов*. СПб.: Свен. 2021, с. 4. Рус.

Приводится ряд экспериментальных результатов, демонстрирующих современные возможности метода АЭ, в том числе: зависимости параметров и энергочастотных характеристик АЭ от кристаллографии и энергии дефектов упаковки деформируемого металла; применение байесовского подхода к анализу АЭ при деформационных процессах в магниевых сплавах для разделения вклада основных механизмов (скольжения дислокаций и двойникования); использование медианной частоты для определения точки начала процесса рекристаллизации и многие другие результаты.

25.05-01.225 АЭ как комплексный метод мониторинга объектов. *Задачи и перспективы. Петерсен Т.Б., Шемякин В.В., Самохвалов А.Б., Курносоев Д.А., Черниговский В.Ю.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов*. СПб.: Свен. 2021, с. 5-6. Рус.

Основные перспективы развития и внедрения технологии АЭ мониторинга будут связаны с дальнейшим увеличением надежности аппаратуры, использованием технологии Big Data, акустическими исследованиями эффектов распространения волн в объекте контроля, развитием алгоритмов обработки данных. Не менее важным станет решение частных задач мониторинга, продиктованных особенностями технологии производства и режимов работы ОПО и связанных с разработкой специализированных алгоритмов и программ, ориентированных на решение конкретных производственных проблем.

25.05-01.226 Мониторинг безопасности объектов на основе вероятностно-статистической оценки параметров акустико-эмиссионного состояния. *Науменко А.П., Кудрявцева И.С., Одинец А.И., Язовский А.В.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 7-8. Рус.

Мониторинг безопасности колонно-ёмкостного оборудования в процессе эксплуатации, а также контроль его состояния во время ремонта базируются на системах акустико-эмиссионного контроля (АЭ). В основе оценки состояния лежат статистические данные и величины измеряемых параметров. С целью повышения достоверности контроля состояния в системах комплексного мониторинга и, в частности, с использованием акустической эмиссии, целесообразно использовать вероятностно-статистические методы принятия решений.

25.05-01.227 Применение количественной металлографии для изучения влияния структуры стали на сигналы акустической эмиссии. *Нефедьев Е.Ю., Григорьева А.В., Стояновский Л.О., Гомера В.П.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 9-10. Рус.

Различными исследователями показана важность границ зерен, как источников и стопоров микротрещин. Но нет единого мнения относительно того, какой именно элемент структуры отвечает за образование микротрещин. Большинство исследователей ограничивается изучением лишь связи среднего размера зерна с прочностными и пластическими свойствами. Поэтому значительный интерес представляет изучение влияния размера различных компонент поликристаллической структуры на размер образующихся микротрещин. В проверке также нуждается справедливость предположения о сохранении вида связи между размером микротрещин и амплитудой сигналов АЭ при изменении размера зерна. Подтверждение этого предположения можно рассматривать как доказательство того, что основным источником дискретной АЭ в конструкционных сталях является образование микротрещин. Изучение связи размеров микротрещин, образующихся при деформировании конструкционных сталей, с размерами структурных зерен, выполнен на стали 08ГДНФЛ, подвергнутой различным режимам термической обработки.

25.05-01.228 Методология АЭ-контроля качества сварных швов в процессе изготовления металлоконструкций. *Казаков Н.А., Нефедьев Е.Ю., Сульженко В.А., Яковлев А.В.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 11-12. Рус.

Предлагаемая методология АЭ-контроля позволяет достоверно и объективно оценивать качество сварных швов при их изготовлении.

25.05-01.229 Эффекты предварительного циклирования: изменения параметров акустической эмиссии, механических свойств и поврежденности конструкционных сталей различной прочности. *Ботвина Л.Р.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 13. Рус.

Изучено влияние предварительного циклирования на параметры акустической эмиссии, включающие интенсивность акустической эмиссии (dN_{AE}/dt), суммарное число сигналов ($\sum N_{AE}$), кумулятивную энергию акустических сигналов (E_{AE}) и b_{AE} — параметр, соответствующий угловому коэффициенту кумулятивных распределений числа акустических сигналов.

25.05-01.230 Оценка кинетики поврежденности конструкционных сталей при растяжении по параметрам акустической эмиссии, коэрцитиметрического и вихревого контроля. *Тютин М.Р., Ботвина Л.Р., Петерсен Т.Б.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 14. Рус.

Оценка состояния конструкций является важнейшей задачей в промышленности для обеспечения безопасной эксплуатации оборудования и сооружений. Метод акустической эмиссии (АЭ) является одним из наиболее информативных и широко применяется для исследования процессов разрушения на различных масштабных уровнях, мониторинга и диагностики. Применяемые для технической диагностики методы неразрушающего контроля позволяют выявлять различные дефекты материала, возникшие при эксплуатации, производстве или монтаже. Однако оценка степени поврежденности металла является не менее важной задачей для прогнозирования работоспособности изделий и конструкций.

25.05-01.231 Акустическая эмиссия как метод для комплексной оценки состояния магниевых сплавов. *Линдеров М.Л., Вагапов М.А., Мерсон Д.Л., Виноградов А.Ю.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 15-16. Рус.

Метод акустической эмиссии с использованием современных алгоритмов для обработки сигналов можно использовать для идентификации кинетики деформационных процессов, протекающих в материале при его нагружении, что было ранее продемонстрировано для магниевых сплавов, метастабильных сталях и других материалов. Также широко известно, что все источники сигналов акустической эмиссии очень чувствительны к структурным изменениям. Так сигналы от движения скопления дислокаций могут блокироваться наклепом поверхности образца, а двойникование кардинально менять свою кинетику в зависимости от размера зерна. Кроме того, в записанном АЭ стриме содержится сигналы от всех подвергшихся деформации областей образца. Подобные особенности метода можно использовать для идентификации комплексного состояния структуры материала в тех случаях, когда технологически возможно локальное воздействие на него, будь то точечный разогрев или нагружение, которые ввиду ограниченности своего действия могут быть сложны для поиска, например, с помощью металлографических методов исследования, но важны для получения корректных данных при проведении усталостных испытаний. Подобные сведения, в совокупности с диаграммой нагружения, могут быть полезны, например, при отработке методики нанесения диффузионных покрытий, где возможен локальный перегрев образца.

25.05-01.232 К вопросу повышения эффективности результатов обработки данных промышленного акустико-эмиссионного контроля на примере коррозионного растрескивания сварного соединения. *Растегаев И.А., Чугунов А.В., Растегаева И.И., Мерсон Д.Л.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 17-18. Рус.

Несмотря на очевидные успехи и преимущества метод акустической эмиссии (АЭ) до сих пор находится на стадии промышленной апробации. Это значит, что ни в нормативных документах, ни в литературных источниках нет пока конкретизированных норм и требований по применению метода АЭ в каком бы то ни было направлении. Например, в отличие от других методов неразрушающего контроля нет понимания о том: какие дефекты гарантированно возможно выявить при определенной настройке АЭ аппаратуры; как настроить АЭ аппаратуру, чтобы обеспечить максимальную чувствительность поиска определенного вида дефекта; какие критерии оценки опасности источника следует использовать и какие значения эмпирических параметров и коэффициентов требуется задать для обеспечения их наибольшей эффективности и т.д. Как следствие, основным способом АЭ выявления дефектов остаются локационные данные и практически не используется потенциал АЭ критериев оценки степени опасности. Парадокс заключается в том, что многочисленные АЭ результаты, полученные многими исследователями при лабораторных испытаниях материалов до разрушения, напрямую не пригодны (не переносимы) для практической реализации метода, т.к. при АЭ контроле объект не доводят до разрушения. При этом не менее ценные результа-

ты АЭ выявления повреждений при промышленном контроле накапливаются медленно (т.к. являются редкими событиями) и практически не афишируются (во многом из опасения конкуренции или сокрытия информации о реальном техническом состоянии оборудования), что существенно сдерживает развитие и становление, как самого метода АЭ, так и нормативной базы его применения. Между тем без практического установления границ работоспособности метода невозможно накопить справочные данные для классифицирования и распознавания дефектов по АЭ признакам, что в итоге не позволяет реализовать имеющийся у метода АЭ высокий потенциал для организации адекватного и надежного контроля промышленных объектов. Для решения обозначенной проблемы предлагается следующий комплексный подход обработки данных промышленного АЭ контроля: (i) При обнаружении дефекта проводится его описание и измерение с применением других методов неразрушающего и разрушающего (при возможности) контроля. (ii) Измерение АЭ ДО и ПОСЛЕ устранения дефекта (если ремонт с применением сварки, то АЭ записывается после предварительного нагружения объекта с целью снятия внутренних напряжений). Для обеспечения безопасности АЭ измерений на дефектном объекте испытательное давление не должно превышать рабочее более чем на 10%. (iii) Фильтрации помех и выделение АЭ, принадлежащей дефекту (дефектной области) или АЭ зарегистрированной с минимальными искажениями (ближайшей антенной группой или преобразователем АЭ). При возможности параметры АЭ приводятся к источнику (учет затухания и трансформации АЭ сигналов). (iv) Далее, с использованием всех полученных АЭ данных и данных выделенной АЭ от источника с минимальными искажениями отдельно проводится классификация и анализ динамики развития дефекта за время испытания с использованием набора (нескольких) критериев, минимально регламентируемых ПБ 03-593-03, а именно: амплитудного, интегрального, локально-динамического, интегрально-динамического и MONPAC. При этом первоначально при оценке степени опасности устанавливаются известные (рекомендуемые) значения для всех эмпирических и настроечных коэффициентов и параметров. (v) Если дефект при использовании рекомендуемых значений эмпирических и настроечных коэффициентов не проявляется, то проводится подбор их величин до тех пор, пока по АЭ данным источник не будет отнесен к III классу опасности (обязательный для проверки другими методами неразрушающего контроля). Из описания видно, что предлагаемый подход мало чем отличается от традиционной схемы проведения производственных работ, а его особенности, фигурирующие в п.п. ii, iv и v, позволяют выделить АЭ, генерируемую дефектной зоной, и провести оценку границ чувствительности (применимости) метода в каждом случае обнаружения дефекта подтвержденным другими методами контроля по всем полученным АЭ данным и АЭ выделенной дефектной зоной. Кроме этого, немаловажным фактором является наличие в АЭ системах возможности обработки данных в расширенном режиме изменения настроечных параметров (т.е. помимо автоматического следует реализовать ручной режим настройки алгоритма работы АЭ критериев). Последнее позволит в кратчайшие сроки проводить подобные исследования и получать требуемые результаты. В настоящей работе АЭ данные выгружались в текстовом формате и обрабатывались в пакетах Excel и Octave.

25.05-01.233 Стандарты по контролю технического состояния железобетонных конструкций методом акустической эмиссии. Сагайдак А.И. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 19-20. Рус.

В 2019 году Международной организацией по стандартизации (ISO) разработала три новых стандарта: Стандарт ISO 16836 Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль технического состояния. Метод измерения сигналов АЭ в бетоне; Стандарт ISO 16837 Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль технического состояния. Метод квалификационной оценки повреждений в железобетонных балках; Стандарт ISO 16838 Контроль неразрушающий. Акустико-эмиссионный контроль технического состояния. Метод классификации активных трещин в бетонных конструкци-

ях. Областью применения данных стандартов являются методика измерения сигналов в бетоне и практические методики контроля технического состояния конструкции из бетона и железобетона методом АЭ.

25.05-01.234 Акустико-эмиссионное диагностирование сложно контролируемых объектов на основе информационно-кинетического подхода. Носов В.В., Хожлова Е.Д. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 20-21. Рус.

Под сложно контролируемыми объектами понимается частичное или полное отсутствие возможности установки датчиков аппаратуры НК непосредственно на контролируемый объект в связи с его конструктивными, техническими, геометрическими или другими характеристиками. Такими объектами являются сосуды давления, в частности, криогенные газификаторы, служащие, для транспортировки, хранения жидкого кислорода, аргона, азота, диоксида углерода и метана. Предпочтительность использования метода акустической эмиссии (АЭ) при этом объясняется возможностью регистрации сигнала посредством установки АЭ преобразователей к патрубкам, исходящих из контролируемого внутреннего сосуда и служащих акустическими волноводами. Поскольку патрубки располагаются в разных точках сосуда и имеют различную протяженность, возникает проблема расшифровки данных, полученных в условиях существенного влияния дестабилизирующих факторов, когда традиционные критерии опасности АЭ, основанные на регистрации числа импульсов или амплитуды сигналов АЭ, не являются достоверными диагностическими параметрами. В связи с этим актуальной является задача разработки методики АЭ диагностирования, позволяющей исключить зависимость от дестабилизирующих факторов и обеспечить оценку остаточного ресурса. В качестве решения предлагается информационно-кинетический подход к акустико-эмиссионному диагностированию, согласно которому АЭ контроль должен осуществляться в условиях метрологической и прочностной однородности, а ресурс длительно нагруженных материалов определяется моментом накопления критической концентрации микротрещин уругого протекающего процесса микротрещинообразования.

25.05-01.235 Эволюция микротрещин и критерий перехода деформируемых материалов в критическое состояние. Дамаскинская Е.Е., Гиляров В.Л., Пантелеев И.А., Корост Д.В., Фролов Д.И. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 22. Рус.

Целью наших исследований является поиск индикаторов (признаков), позволяющих оценить степень критичности состояния механически нагруженных гетерогенных материалов. Безопасное (неопасное) состояние означает, что образование новых дефектов не приводит к изменению прочности материала. Опасное состояние означает, что сформировалась локальная дефектная структура, лавинообразное развитие которой приведет к катастрофическому разрушению. Для решения поставленной задачи использовался подход, основанный на теории хаоса и концепции самоорганизованной критичности.

25.05-01.236 Информационный подход к обработке и анализу сигналов геоакустической и электромагнитной эмиссий. Сенкевич Ю.И. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 23-24. Рус.

ИКИР ДВО РАН проводит исследования по поиску маркеров в сигналах геоакустической эмиссии (ГАЭ) и электромагнитной эмиссии (ЭМЭ), которые опосредовано отражают характеристики процессов, происходящих в приповерхностном слое литосферы и в приземном слое атмосферы, соответственно. Сигналы ГАЭ представляют собой уругие колебания, возникающие в процессе локальной динамической перестройки внутренней структуры приповерхностных осадочных пород, которые характеризуются малой прочностью и высокой пластичностью. В них акустическая эмиссия возникает даже при слабых дефор-

мационных изменениях, соизмеримых по уровню с приливными. Источниками ЭМЭ являются: атмосфера (грозовые очаги), магнитосфера, потоки низко энергетических частиц неустойчивых к возбуждению волн вблизи нижнего гибридного резонанса на высотах нижней ионосферы. Как ГАЭ, так и ЭМЭ представляют потоки разномасштабных по длительности (от сотен микросекунд до десятков миллисекунд) потоки импульсов с различной формы с широким динамическим диапазоном амплитуд. Наиболее известные работы, касающиеся поиска предвестников сейсмических событий на основе названных геофизических сигналов, ограничены анализом энергетических характеристик названных сигналов с использованием спектральных и корреляционных методов, которые не показали устойчивых связей с искомыми событиями. В представляемом исследовании предпринята попытка рассмотреть потоки импульсов с позиции теории информации, как закодированные сообщения, и постараться выявить определенные закономерности в последовательностях кодовых символов.

25.05-01.237 АЭ контроль объектов энергетической отрасли. *Бардаков В.В., Елизаров С.В., Барат В.А., Харемов В.Г., Медведев К.А., Терентьев Д.А. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 27-28. Рус.*

Данная работа объединяет результаты комплексного акустико-эмиссионного (АЭ) контроля, проводимого на объектах энергетического оборудования ТЭЦ. В частности описываются подходы к контролю трубопроводов в процессе гидротестирования, представлены методики контроля герметичности запорной арматуры, контроля частичных разрядов возникающих в изоляции силовых трансформаторов, показаны результаты исследования по применению АЭ мониторинга железобетонных опор колон градирен, а также результаты испытания по оценке возможности выявления присосов вакуумного оборудования.

25.05-01.238 Оценка напряженно-деформированного состояния оборудования с применением акустико-эмиссионного контроля. *Кузьмин А.Н., Жуков А.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 28-29. Рус.*

Разработка интегральных способов определения напряженно-деформированного состояния (НДС) оборудования предприятий нефте- и газопереработки является актуальной задачей. Известно, что расчетно-аналитические способы оценки НДС не способны учесть все нагрузки и воздействия, которым подвергается в процессе эксплуатации металлические узлы и элементы промышленных установок. Вместе с тем существующие практические способы оценки НДС на натурном объекте контроля носят локальный, избирательный характер и также не в полной мере отвечают задачам выявления очагов предельного прочностного состояния металла и последующего предотвращения наступления аварийных отказов оборудования. Существенным фактором разрушения силовых элементов технологических установок является дополнительный локальный изгиб конструкции, особенно в условиях внешних нескомпенсированных нагрузок, изменения внутреннего рабочего давления и температуры. Целью настоящей работы являлось практическое обоснование возможности использования метода акустико-эмиссионного контроля для оценки НДС участков локальных деформаций металлоконструкций широкого спектра назначения. Известно, что уровни напряжений на локальных участках трубопроводов в процессе эксплуатации могут достигать значительных пределов текучести материала и переходить в область пластических деформаций с сопутствующим образованием трещиноподобных дефектов. Изучен и представлен характер сигнала акустической эмиссии в зонах возникновения таких предельных напряжений. Показано, что акустическая эмиссия несет информацию о наступлении предельных нагрузок материала - критических значениях НДС, где запас прочности конструкции стремится к предельным значениям. Предложен эффективный способ интегральной оценки НДС объектов нефте- и газопереработки с применением метода АЭ, который может быть применен в процессе как периодического контроля, так и в условиях

мониторинга их технического состояния.

25.05-01.239 Возможности кластерного анализа сигналов акустической эмиссии для оценки износа пар трения скольжения. *Растегаева И.И., Растегаев И.А., Мерсон Д.Л. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 29-30. Рус.*

Метод акустической эмиссии (АЭ) один из немногих методов неразрушающего контроля, позволяющий проводить on-line мониторинг и контроль узлов трения. Однако наличие при трении и изнашивании множества источников АЭ и их случайный характер приводят к трудностям выделения и классификации «полезных» сигналов, что препятствует решению обратной, наиболее важной для практики задачи: установление по сигналам АЭ инициирующие их источники в реальном времени. Поэтому без решения вопросов организации обработки и анализа АЭ данных невозможно в полной мере использовать заложенный в методе АЭ потенциал для решения трибологических задач. Таким образом разработка новых и совершенствование имеющихся подходов к обработке акустических сигналов, регистрируемых при трибологических испытаниях, которые позволили бы идентифицировать источники АЭ по их физической природе происхождения, является актуальной задачей. Целью настоящей работы является апробация и повышение эффективности алгоритмов обработки АЭ данных при оценке разрушения контактирующих и смазочных материалов узлов трения скольжения за счет применения спектрально-временного подхода анализа АЭ.

25.05-01.240 Акустико-эмиссионный контроль качества упрочняющих технологий с применением многоуровневой модели. *Григорьев Е.В., Носов В.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 31-32. Рус.*

Существующие методы оценки качества упрочняющих технологий можно классифицировать с точки зрения вида контролируемого сигнала и связи его с процессами, определяющими прочность материала. Сигналы, регистрируемые методами происхождения и отражения вводимых извне волн, связаны с прочностью и процессом роста повреждений неоднозначно, поскольку пропускают нано-масштабные факторы из-за огибания волнами прочностных аномалий. Перспективными здесь являются методы излучения, так как испускают волны, которые связаны с процессом повреждения материала. Это электромагнитная и акустическая эмиссии (АЭ).

25.05-01.241 Разработка и внедрение акустико-эмиссионного способа контроля стабильности перекисы водорода. *Гневко А.И., Озеров К.Г., Соловов С.Н. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 33-34. Рус.*

В последнее время возобновился интерес к высококонцентрированному раствору пероксида водорода (ПВ) как достаточно эффективному ракетному топливу, что обусловлено развитием космических программ и ростом требований к их экологической безопасности. Известно, что перекисы водорода разлагается на кислород и воду. Но, с другой стороны, во время цикла эксплуатации ПВ сохраняется риск её самопроизвольного необратимого разложения с выделением большого количества энергии. Эксплуатация систем с данным продуктом является особо опасной работой, при которой подвергается риску персонал и оборудование. Актуальность подобных рисков для всего человечества подтверждается, например, трагедией атомной подводной лодки «Курск», которая, по заключению правительственной комиссии, была с наибольшей вероятностью вызвана взрывом ПВ. Поэтому возрастает значимость разработки эффективного способа контроля стабильности ПВ. Традиционным методом контроля стабильности перекисы водорода, является способ по показателю термостабильности, заключающийся в том, что пробу перекисы нагревают до температуры 100°C и газометрическим методом определяют скорость её разложения. Очевидным недостатком данного способа является боль-

шая длительность процедуры определения стабильности ПВ и необходимость обеспечения специальных условий для проведения контроля, тогда как при эксплуатации ПВ требуются экспресс-методы, с возможностью автоматизации процесса контроля, пригодного для применения в полевых условиях. Одним из таких способов является метод акустической эмиссии (АЭ). Из литературы известно, что метод АЭ позволяет регистрировать процессы кипения и кавитации жидкостей, причём указанные процессы по своей природе аналогичны процессу разложения ПВ (образование и схлопывание пузырьков газа). С целью повышения достоверности и оперативности оценки стабильности ПВ в системах заправки ракетно-космической техники при сокращении времени и средств, за счёт использования аппаратуры акустической эмиссии и автоматизации параметров контроля Военной Академией РВСН им. Петра Великого и в/ч 35601 разработан акустоэмиссионный способ контроля стабильности перекиси водорода. В основе устройства, обеспечивающего реализацию метода контроля растворов ПВ заложено АЭ средство, которое обеспечивает измерение АЭ параметров механических вибраций стенок контролируемых объектов, вызываемых возникающими при газовой выделении акустическими волнами, пересчёт АЭ параметров в соответствии с эмпирическими уравнениями, связывающими стационарно скорость разложения растворов ПВ и активность АЭ, оперативное отображение полученной информации на экране монитора в режиме реального времени, сохранение и протоколирование полученной информации. Так как ПАЭ устанавливаются на наружной поверхности контролируемых объектов, то не требуется существенных изменений конструкции последних.

25.05-01.242 Методика определения механизмов акустических событий по данным лабораторных экспериментов. Патонин А.В., Шижова Н.М., Пономарёв А.В., Смирнов В.В. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 36-37. Рус.

Разработан и испытан оригинальный метод определения механизмов сигналов АЭ и параметров действующих локальных напряжений по данным лабораторных испытаний. В основе метода лежит предположение, что источник сигнала АЭ представляет собой квадруполь, состоящий из диполя сжатия и диполя растяжения. Предполагается, что амплитуды вступления упругой волны соответствующих знаков на приемных датчиках согласуются с аналитической формой поверхности вращения, образованной фронтами движения волны.

25.05-01.243 Об использовании критерия "выдержка нагрузки" при АЭ контроле. Гомера В.П., Гомера А.В. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 38-39. Рус.

Критерий АЭ активности в процессе выдержки под нагрузкой входит в число критериев оценки технического состояния объектов АЭ контроля, определенных в ПВ-03-593-03. В технологии МОНРАС критерий, учитывающий эмиссию в течение выдержек давления, отнесен к особенно важным критериям. Продолжающаяся во время выдержек эмиссия сигнализирует о наличии процессов текучести или об опасности из-за крипа или роста дефектов. Значение использования данного критерия существенно возрастает при проведении АЭ контроля, сопровождающего процесс пневматического испытания (ПИ) промышленных сосудов или трубопроводов. Это связано с тем, что при ПИ при поднятии давления часто имеет место очень высокий уровень шумов нагружения, от которых не всегда возможно отстроиться полностью. В этом случае выдержки давления могут являться наиболее информативным блоком всего объема данных, зарегистрированных при проведении АЭ контроля. При проведении гидравлического испытания (ГИ) проблема шумов нагружения значительно менее актуальна. Технологический пакет МОНРАС разработан, в основном, в результате обработки обширных эмпирических данных по испытаниям сосудов и трубопроводов, т.е. его можно отнести к эмпирическим системам оценки состояния оборудования. Обоснования предлагаемых критериев, в частности критерия выдержек, с

позиций механики разрушения в нем не представлено. Предлагается в связи с этим рассмотреть: «пороговый уровень интенсивности напряжений» и «малоцикловая усталость при высоком напряжении» для интерпретации причин АЭ активности, регистрируемой на выдержках давления и их возможного использования при оценке состояния объекта контроля.

25.05-01.244 АЭ-мониторинг сварных швов опытного образца трубы в процессе циклических испытаний. Яковлев А.В., Балдычев С.В. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 40-41. Рус.

В ФГУП «Крыловский государственный научный центр» проведены гидравлические испытания натурного образца одношовной сварной трубы, изготовленной с применением экспериментальной технологии сварки. В ходе испытаний осуществлялся АЭ-мониторинг состояния сварных швов образца с применением аппаратуры КАМС-Т разработки ФГУП «Крыловский научный центр».

25.05-01.245 Изучение инвариантности критического локального напряжения к надрезу и скорости нагружения методом механостимулированной фотоэмиссии. Мишин В.М., Филиппов Г.А., Щитов Д.В., Мишин В.В. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 42-44. Рус.

Ранее критическое локальное растягивающее напряжение в стали определяли только методами механики разрушения, что не являлось достаточным условием представления его как фундаментального. Используя возможности метода механостимулированной фотоэмиссии, разработанного Н.П. Валудевым и И.В. Мойшем, была проведена оценка величины и рассмотрена зависимость локального разрушающего напряжения от внешних факторов для стали 3. Одновременно для этой же стали было определено критическое максимальное локальное растягивающее напряжение методами механики разрушения с привлечением метода конечных элементов.

25.05-01.246 Акустическая эмиссия при гидрировании циркония. Кунавин С.М., Кузнецов А.А., Бережко П.Г., Царёв М.В., Кашафдинов И.Ф., Соломонов А.В., Мокрушин В.В., Царёва И.А., Забродина О.Ю. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 46-47. Рус.

Исследованы сигналы акустической эмиссии (АЭ), возникающие при взаимодействии образцов металлического циркония с водородом, и изменения, происходящие в гидрируемых образцах и являющиеся источниками возникновения акустических сигналов высокой амплитуды.

25.05-01.247 Акустическая эмиссия при гидрировании титана. Кузнецов А.А., Кунавин С.М., Бережко П.Г., Жилкин Е.В., Царёв М.В., Ярошенко В.В., Мокрушин В.В., Забродина О.Ю., Митяшин С.А. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 47-48. Рус.

Исследованы сигналы акустической эмиссии (АЭ), возникающие при взаимодействии образцов металлического титана с водородом, и изменения, происходящие в гидрируемых образцах и являющиеся источниками возникновения акустических сигналов высокой амплитуды.

25.05-01.248 Об акустической эмиссии при изгибных колебаниях бесконечной краевой дислокации в бездиссипативном кристалле. Дежин В.В. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 49-50. Рус.

Рассмотрено излучение упругих волн (акустическая эмиссия) при изгибных колебаниях бесконечной дислокации. Сопротивление среды не учитывалось.

25.05-01.249 Об акустической эмиссии при колебаниях сегмента краевой дислокации в бездиссипативном кристалле. *Дежсин В.В.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 51-52. Рус.

Рассмотрено излучение упругих волн (акустическая эмиссия) при колебаниях сегмента краевой дислокации с использованием лагранжевого формализма.

25.05-01.250 Зависимость параметров акустической эмиссии от степени искажения кристаллической решетки феррита поверхностных слоев стали. *Соколов С.И., Веретенников А.А.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 55-56. Рус.

Рассмотрена зависимость изменения параметров АЭ (амплитудное распределение сигналов АЭ, суммарного счета и др.) в зависимости от степени искажения кристаллической решетки (напряжений) ферритной составляющей поверхностных слоев образцов из ферритных, ферритно-перлитных (в том числе и сталей контролируемой прокатки) и перлитных сталей при статическом четырехточечном изгибе. Показано, что коэффициент Фелисити (отношение величины приложенной нагрузки, при которой регистрируется АЭ, к максимальной величине нагрузки предыдущего цикла нагружения) для сталей разных классов, является переменной величиной. Показана зависимость параметров АЭ от значений предела микропластичности (макроупругости), уровень которого не является строго постоянным, особенно в приложении к сталям контролируемой прокатки и определяется как «старение стали».

25.05-01.251 Разработка методики акустико-эмиссионного контроля стеклопластиковых трубопроводов. *Медведев К.А., Терентьев Д.А.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 57-58. Рус.

Коррозия является одной из основных причин аварий и преждевременных отказов на промышленных трубопроводах. На рынке имеется множество решений для борьбы с коррозией — применение высоколегированных сталей, антикоррозионных покрытий, металлопластмассовых труб, ингибиторов коррозии, средств электрохимической защиты. Однако перечисленные методы приводят к существенно удорожанию труб, увеличению стоимости и продолжительности строительно-монтажных работ, дополнительным эксплуатационным расходам. Альтернативой стальным трубам, лишенной перечисленных недостатков, являются стеклопластиковые трубы (СПТ). СПТ не подвержены коррозии, в том числе сероводородной, имеют малый вес (до 4-х раз легче стальных), позволяют экономить на логистике и строительно-монтажных работах (скорость сборки трубопровода из СПТ от 4 до 10 раз выше скорости сборки стальных труб с покрытием), что существенно снижает капитальные и эксплуатационные затраты. Опыт применения СПТ в мире составляет более 50 лет. Примерно половина производимых СПТ используются в нефтедобыче в качестве насосно-компрессорных и обсадных труб, а также при строительстве линейной части промышленных трубопроводов. По оценке экспертов, в нефтедобывающих странах доля СПТ в общей протяженности трубопроводов достигает уже 10—20%, а в ближайшие 10 лет рынок будет показывать рост более чем на 5%. В условиях столь широкого применения СПТ на взрывопожароопасных объектах большую актуальность имеет задача выбора надежных методов и средств диагностирования их технического состояния. Традиционные методы неразрушающего контроля (ультразвуковой, радиационный, магнитный, вихрегоковый и капиллярный), применяемые обычно для диагностирования стальных трубопроводов, либо неприменимы для контроля СПТ, либо имеют весьма существенные ограничения. Для решения вышеуказанной задачи огромным потенциалом обладает метод акустической эмиссии (АЭ), основанный на регистрации и анализе упругих волн, распространяющихся в объектах при возникновении и развитии опасных дефектов. Однако в России применение метода АЭ для диагностирования СПТ сдер-

живается отсутствием нормативных документов, регламентирующих вопросы проведения и оценки результатов контроля.

25.05-01.252 Оценка предельной чувствительности акустико-эмиссионного контроля. *Терентьев Д.А., Иванов В.И.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 60-61. Рус.

Проведен обзор литературных источников, а также приведены результаты собственной оценки предельной чувствительности АЭ контроля.

25.05-01.253 Влияние объекта контроля на рабочую частоту преобразователя акустической эмиссии. *Шитов Д.В., Жуков А.В.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 61-62. Рус.

Преобразователь акустической эмиссии (ПАЭ) является первичным средством измерения в АЭ системе, поэтому оказывает существенное влияние на результат регистрации сигналов. Известно, что частотные характеристики ПАЭ, установленного на поверхность объекта контроля, отличаются от ПАЭ, находящего в свободном состоянии. Большинство объектов, контролируемых методом акустической эмиссии (АЭ), являются литовыми конструкциями, в которых распространяются волны Лэмба. Скорость волны Лэмба зависит от частоты и толщины объекта контроля. Некорректно заданная скорость приводит к возникновению большой погрешности определения координат источника АЭ. Таким образом, для повышения достоверности и чувствительности акустико-эмиссионного контроля необходимо оценить степень влияния объекта на рабочую частоту ПАЭ.

25.05-01.254 Акустическая эмиссия трения для контроля прохождения по трубопроводам средств очистки и диагностики. *Лапшин Б.М., Овчинников А.Л.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 64. Рус.

Средства очистки и диагностики (СОД), движущиеся с потоком перекачиваемого продукта: скребки, поршни, механические разделители, профиломеры и дефектоскопы широко применяются при эксплуатации нефтегазопроводов для поддержания их внутренней полости в рабочем состоянии. При этом для решения технологических задач возникает необходимость в сопровождении СОД на участках трубопроводов от камеры запуска до камеры приема. Для этой цели используются сигнализаторы прохождения СОД, принцип действия которых основан на регистрации АЭ возникающей при трении манжет СОД о стенку трубы. В докладе рассмотрены экспериментальные результаты АЭ трения.

25.05-01.255 Акустико-эмиссионный контроль сварных швов судовых трубопроводов при сдаточных испытаниях. *Казанов В.А., Карлов С.А., Сульженко В.А., Яковлев А.В.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 65-66. Рус.

Трубопроводные системы подводных лодок (ПЛ) после их окончательной сборки непосредственно на борту с помощью монтажных сварных швов должны подвергаться гидравлическим испытаниям на прочность давлением, равным $1,5 P_{раб}$. Перед проведением гидравлических испытаний необходимо выполнить демонтаж различной арматуры (с последующим восстановлением) и отсоединение труб от баллонов (с последующим подсоединением), что приводит к увеличению трудоемкости и продолжительности выполняемых работ. Кроме того, после испытаний необходимо провести качественную осушку трубопроводов, т.к. наличие в трубопроводах остатков влаги может привести к выходу из строя оборудования различных систем при эксплуатации ПЛ. Эта операция является еще более сложной и длительной. Замена гидравлических испытаний на прочность давлением, равным P_{work} , на испытания сжатим воздухом давлением, равным P_{work} , по ряду организационных и технических причин, в том числе из-за отсутствия на заво-

дах отрасли соответствующего компрессорного оборудования, оказалась невозможной. Поэтому была поставлена задача разработать способ достоверной оценки качества монтажных сварных соединений в процессе их пневматических испытаний при максимальном давлении, не превышающем величину рабочего. В результате выполнения комплекса экспериментальных работ и натурных заводских испытаний специалистами ФГУП «Крыловский ГИИ» было показано, что эта задача может быть решена с помощью метода акустико-эмиссионного контроля (АЭК).

25.05-01.256 Применение метода акустической эмиссии для обнаружения дефектов в конструкционных композитах. *Зубова Е.М., Лобанов Д.С.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 67-68. Рус.

Проводилось экспериментальное исследование плоских образцов полосок углепластика на одноосное квазистатическое растяжение при комнатной температуре. Механические испытания проводились на универсальной электро-механической системе Instron 5989. Образцы нагружались с постоянной скоростью передвижения траверсы 1мм/мин. Для исследовательских целей использовались широкополосные пьезоэлектрические датчики акустической эмиссии AE144A (частотный диапазон 100—500 кГц) и предусилители АЕР4 (коэффициент усиления 34 дБ). Датчики крепились на образцы с помощью высоковакуумной силиконовой смазки Wacker Silicon и резинок. Для решения задачи линейной локации сигналов АЭ использовались два датчика АЭ). С помощью специальной программной функции были записаны диаграммы формы волны сигналов АЭ, извлечены значения частоты спектрального максимума (характеристика быстро преобразования Фурье, частота, на которой располагается спектральный максимум). В результате получены значения общего числа зарегистрированных источников АЭ для всех образцов и число источников АЭ в различных диапазонах амплитуд. Построены графики распределения значений частот спектрального максимума сигналов АЭ по длине образца за все время проведения испытаний. Построены графики распределения зарегистрированных источников АЭ по всей длине образца. Полученные графики сопоставлялись с фотографиями разрушенных образцов. Показано хорошее совпадение между местоположением источников, полученных во время анализа сигналов АЭ с использованием алгоритмов линейной локации и реальными дефектами на образцах.

25.05-01.257 Акустико-эмиссионный мониторинг геомеханической устойчивости и безопасности эксплуатации подземных сооружений ФГУП «ГХК» Подземных сооружений. *Савельев В.Н., Махмудов Х.Ф., Медведев В.Н.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 68-69. Рус.

Проведенные измерения скорости распространения упругой волны от удара шаром в слое бетона дали величину 3920 м/с. Оценка скорости волны в бетоне, произведенная с помощью расчета модуля упругости для плоской волны, составила величину 4343 м/с. По дисперсионным кривым для симметричной Лэмбовской моды S_1 , и для симметричной нулевой моды S_0 было показано, что в случае действия источника упругих волн непосредственно в бетонной обделке горной выработки, энергия ударного воздействия на горный массив преобразуется в распространяющиеся нормальные волны S_0 и S_1 , обусловленные упругими свойствами бетона и толщиной обделки. Контролируемый массив горных пород сложен биотитовыми гнейсами. Измерения скорости упругих волн в массиве горных пород дали величину 5318 м/с. Было проведено измерение спектрального состава отклика массива горных пород на возбуждение его ударом шара, а также оценена энергия в упругой волне, формируемой ударом шара (0,3 Дж). Спектральная плотность возбуждения массива от удара шаром концентрируется в диапазоне 0,7—3,2 кГц.

25.05-01.258 О калибровке преобразователей акустической эмиссии. *Сазонов А.А., Шелобков В.И., Иванов В.И.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с между-*

народным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 69-70. Рус.

Преобразователь акустической эмиссии (ПАЭ) является одним из основных элементов акустико-электронного тракта. Параметры ПАЭ определяют количество информации об источнике акустической эмиссии (АЭ) и принятия решения о состоянии диагностируемого объекта. Собственные тепловые шумы ПАЭ ограничивают предельную чувствительность аппаратуры АЭ. Частотные характеристики ПАЭ (АЧХ и ФЧХ) используются при выборе типа ПАЭ для контроля различных объектов с учетом условий контроля. Поэтому определение параметров ПАЭ при калибровке является одной из важнейших операций для оценки ПАЭ и возможности его применения в тех или иных условиях. Приведен обзор ряда существующих методик по калибровке ПАЭ.

25.05-01.259 Прогнозирование обусловленного деформационными и коррозионными воздействиями процесса разрушения металлических материалов с помощью акустических волн. *Держачев И.С., Кустов А.И., Мигель И.А.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 71-72. Рус.

Металлические материалы играют ведущую роль в различных промышленных приложениях. Неизменно в процессе изготовления и эксплуатации изменяются их параметры состояния, значения которых можно оценить с высокой степенью надежности и объективности с помощью АМД-методов. Актуальность данной проблемы обусловлена тем фактом, что материал разрушается по катастрофическому сценарию при накоплении определенных значений выделенных параметров. АМД-методы позволяют обнаружить и характеризовать предельное состояние материала, как с помощью акустической визуализации структуры, так и путем анализа формы характерных $V(Z)$ -кривых. Целью исследований было изучение изменений характеристик акустических волн (АВ), таких как $\Delta V/V$ и νR , где первая связана с коэффициентом затухания, а вторая — скорость поверхностных АВ. Известно, что четкость акустических изображений определяется соотношениями коэффициентов отражения и трансформации АВ. Поэтому, на снимках за счет акустического контраста различные по кристаллографической ориентации и степени деформации зерна проявляются как четко разделяющиеся объекты.

25.05-01.260 Способы диагностики статически нагруженных металлических конструкций с использованием акустических волн. *Смородинова А.А., Кустов А.И., Мигель И.А.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 73-74. Рус.

В промышленных и научных целях эксплуатируется огромное количество металлических объектов. Большинство их находится под действием статических нагрузок. Актуальной современной материаловедческой проблемой является проблема оценки стабильности свойств материалов этих объектов и диагностика их локального разрушения. Важно уметь выявлять области предельного состояния (ПС), в которых при минимальных внешних воздействиях может начаться катастрофическое разрушение. Поэтому, методы обнаружения и характеристики таких областей должны быть основаны на слабых, низкоэнергетических изменениях параметров материалов. Этим требованиям в полной мере соответствуют АМД-методы. Они позволяют выявить и охарактеризовать предельное состояние материала как с помощью анализа формы характерных $V(Z)$ -кривых и с использованием метода акустической визуализации структуры.

25.05-01.261 Определение степени опасности дефектов подшипника качения методом акустической эмиссии. *Павленко И.А., Носов В.В.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 75-76. Рус.

Определение критериев, связанных с оценкой ресурса, является актуальной задачей, определяющей возможность про-

дления или вывода оборудования из эксплуатации. Подшипники качения диагностируют, не определяя параметров, характеризующих скорость развития дефектов и рисков эксплуатации. Возникающие дефекты образуются в структуре материала и выходят на поверхность после накопления усталостных повреждений, определяя стадию и скорость развития можно судить о риске эксплуатации такого оборудования. В подшипниках качения при проведении АЭ диагностики чаще всего используют температурные и виброакустические критерии, которые не определяют опасность эксплуатации подшипников с обнаруженными дефектами, а только имеют возможность обнаружения ранних стадий образования поверхностных дефектов. Определение остаточного ресурса сводится к вычислению интегральных показателей или сравнение с диагностическим признаком, связь которых с ресурсом прослеживается слабо. В основе диагностики, определяющей опасность обнаруженных дефектов, должен лежать принцип информативного моделирования временных зависимостей параметров АЭ. В большинстве же современных подходов в работе с акустико-эмиссионными сигналами отсутствует методика, определяющая время до разрушения, риск и опасность обнаруженного дефекта. Определение ресурса подшипника обеспечивается путем обработки данных регистрации во время статического нагружения наружного кольца подшипника, опираясь на микромеханику процесса накопления повреждений в структуре материала. Применяется принцип информативного моделирования, показывающий связь между сигналами и ресурсом подшипника. Генерация информации производится путем определения параметров многоуровневой модели, полученной в результате иерархически-логически согласованного информационного перехода от сигнала АЭ к ресурсу подшипника. Такой подход определения степени опасности дефектов позволяет, опираясь на оценку интенсивности разрушения представительных структурных элементов, определить прогностический этап накопления повреждений в структуре исследуемого материала и тем самым выйти на прогнозирование ресурса. Определение опасности дефектов по обработке сигналов акустической эмиссии можно свести к определению информативного параметра АЭ и по его значению судить об остаточном ресурсе подшипника качения. Проведено сравнение по информативности концентрационно-кинетического, энергетического и амплитудного акустико-эмиссионных критериев с напряжениями возле искусственно созданных дефектов.

25.05-01.262 Анализ тензора сейсмического момента источников акустической эмиссии при деформировании и разрушении хрупких материалов. *Пантелеев И.А.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 76. Рус.

Работа посвящена разработке и программно-аппаратной реализации комплекса алгоритмов, направленных на определение тензора сейсмического момента событий акустической эмиссии, зарегистрированных в лабораторных экспериментах по деформированию образцов хрупких материалов.

25.05-01.263 Исследование высокочастотной акустической эмиссии в ходе прерывистой ползучести алюминиевого сплава. *Шибков А.А., Желтов М.А., Золотов А.Е., Денисов А.А., Гасанов М.Ф., Кочегаров С.С., Кольцов Р.Ю., Суркова Д.А.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 77-78. Рус.

Исследование методом АЭ пластических неустойчивостей на макроскопическом уровне проводили, в основном, в условиях проявления эффекта Портевена—Ле Шателье (ПЛШ) — появления повторяющихся скачков напряжения при деформировании с заданной скоростью. Обнаружено, что каждый скачок напряжения сопровождается всплеском дискретной АЭ, который по визуальным наблюдениям коррелирует с формированием деформационных полос ПЛШ.

25.05-01.264 Акустическая и электрохимическая эмиссия при деформировании и разрушении алюминиевого сплава в водной среде. *Шибков А.А., Жел-*

тов М.А., Золотов А.Е., Денисов А.А., Гасанов М.Ф., Кочегаров С.С., Суркова Д.А. *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 79-80. Рус.

Проведены эксперименты по исследованию динамики и статистики деформационных полос в условиях проявления прерывистой деформации Портевена—Ле Шателье (ПЛШ) алюминиево-магниевого сплава АМг6 в водной среде (дистиллированной воде, 3%-м водном растворе NaCl и морской воде) комплексом in situ методов — акустической (АЭ) и электрохимической (ЭХЭ) эмиссии — синхронно с высокоскоростной видеосъемкой распространяющихся деформационных полос. Показано, что, несмотря на более высокую чувствительность метода АЭ, интерпретация акустического сигнала представляет более сложную задачу по сравнению с таковой для сигналов ЭХЭ. Последние имеют колоколообразную форму без затухающих осцилляций, характерных для сигнала АЭ. Показано, что сигналы электрохимической эмиссии — скачки электродного потенциала деформируемого сплава, — являются отображением сложной пространственно-временной структуры деформационных полос на одну степень свободы. Выявлен "магистральный" сет сигналов — совокупность сигналов ЭХЭ, отображающая структуру деформационных полос ПЛШ, остановившихся или проходящих через сечение образца, через которое пройдет магистральная трещина. Такая структура полос: а) спонтанно формируется в течение всей стадии прерывистой деформации; б) генерирует дискретные сигналы ЭХЭ с возрастающей амплитудой; в) включает в себя геометрически сопряженные полосы деформации, которые образуются для компенсации изгибающего момента, вызванного эволюцией отдельной полосы с избытком дислокаций одного механического знака. В ходе прерывистого течения после достижения деформации Консидере сопряженные полосы ПЛШ постепенно с каждым последующим скачком напряжения формируют крестообразную структуру локализованной деформации шейки, в центре которой зарождается магистральная трещина (рис. 1). Выявлен "электрохимический предвестник" разрушения сплава АМг6 в водной среде — серия сигналов ЭХЭ, отображающая дискретный характер формирования шейки. Форма фронта последнего сигнала ЭХЭ отражает кинетику подрастания трещины до момента разрыва образца. Установленные корреляции сигналов ЭХЭ с динамикой дислокационных полос не зависят от выбора водной среды. Вместе с тем, рост электропроводности водной среды в ряду «дистиллированная вода — 3%-ый раствор NaCl — морская вода» вызывает соответствующее уменьшение амплитуд сигналов ЭХЭ. Сигнал ЭХЭ, таким образом, является полезным физическим инструментом не-прерывного мониторинга.

25.05-01.265 Акустическая эмиссия при имитации коррозии в нагруженной пластине из алюминиевого сплава. *Беляев В.С., Бычков В.В., Судденко Ю.А., Тябликов А.В., Шорин В.Н.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 81-82. Рус.

Метод акустической эмиссии (АЭ), внедренный за последние пятьдесят лет во многие области техники и отрасли промышленности, доказал свою эффективность в диагностике разного рода дефектов. В то же время для случаев микродеструкции материала, происходящей на ранних стадиях коррозии, вероятность обнаружения дефектов остается достаточно низкой. В появившихся в последнее десятилетие публикациях описан ряд успешных применений методов АЭ при диагностике коррозионных дефектов в магистральных трубопроводах. Однако эффективность применения методов и аппаратуры АЭ в этой области во многом связана с тем, что в толстостенной (16 мм для трубы диаметром 1020 мм) оболочке коррозионный процесс может развиваться, без ущерба для перекачки продукта, достаточно долго и обнаруживается он уже на стадии появления каверны значительных размеров. Серьезное влияние оказывает здесь также имеющаяся и используемая возможность ступенчатого подъема внутреннего давления относительно нормального рабочего значения. Совсем иная ситуация наблюдается в таких областях, как авиация и космонавтика, где приходится

иметь дело с оболочками (пластинами) толщиной 2–3 мм, и где коррозию необходимо обнаружить при весьма незначительных поражениях (с глубиной ниши до 2 мм и меньше). Отметим, что в таких тонких пластинах акустико-эмиссионный сигнал от возникшего дефекта распространяется в виде волны Лэмба. В работе излагаются результаты лабораторных экспериментов, целью которых была регистрация сигналов АЭ, возникающих в тонкой пластине-образце при имитации коррозии. Для имитации использовался традиционный для ускоренных коррозионных испытаний способ, основанный на травлении образца раствором соляной кислоты слабой концентрации. Образцами.

25.05-01.266 Прочность входных и выходных камер, коллекторов, аппаратов воздушного охлаждения газа и определение продления ресурса. Савельев В.Н., Мажмудов Х.Ф. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 83. Рус.

Исследованы аппараты воздушного охлаждения (АВО) газа. Эти аппараты предназначены для охлаждения технологического газа. Анализ технической документации проводился с целью установления номенклатуры подлежащих контролю параметров технического состояния, выявления имевших место отказов и повреждений и участков элементов, дефектность которых может привести к отказу. Использованная методика акустической эмиссии (АЭ) показала наиболее полную и прямую информацию о развитии (степени опасности) дефектов в материале эксплуатируемых объектов. АЭ контроль может применяться в качестве определяющего для выработки критериев состояния различных сооружений и допуска к дальнейшей эксплуатации промышленных объектов (обеспечивая при этом необходимый уровень безопасности на время их работы), поскольку при АЭ контроле дефект может быть обнаружен на ранней стадии развития.

25.05-01.267 Влияние состояния поверхностного слоя на механические свойства и акустико-эмиссионные характеристики аустенитно-мартенситной трип-стали при статическом растяжении. Рошупкин В.В., Терентьев В.Ф., Пенкин А.Г., Покрасин М.А., Пенкин М.А., Теплов А.О. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 84-85. Рус.

Исследовано влияния режимов отпуска на кинетику фазовых превращений, дислокационную структуру, акустико-эмиссионные (АЭ) и механические свойства высокопрочной аустенитно-мартенситной стали с повышенным содержанием мартенсита деформации в приповерхностных слоях. Проведено исследование влияния электролитно-плазменной полировки (ЭПП) на комплекс механических свойств тонколистовой аустенитно-мартенситной трип-стали ВНС9 — Ш. показано, что электролитно-плазменная полировка градиентной трип-стали ВНС9 — Ш снижает количество мартенсита в поверхностном слое с 65 до 31%, однако уровень статических механических свойств при этом практически не изменяется; электролитно-плазменная полировка образцов приводит к повышению интенсивности образования мартенсита деформации в процессе статического растяжения по сравнению с исходным состоянием, а также к повышению предела усталости в условиях повторного растяжения (с 900 до 1000 МПа), но несколько снижает долговечность до разрушения. С использованием рентгенофазового анализа и метода акустической эмиссии показано, что в процессе циклического деформирования образцов из стали ВНС9 — Ш наблюдается добавочное образование мартенсита деформации, а уровень напряжений пределов усталости исходного материала и после проведения электролитно-плазменной полировки образцов определяется процессами микротекучести. В работе с применением метода АЭ исследовано влияния температуры отпуска в интервале температур 450–900 °С на изменение механических свойств и фазовые превращения в тонколистовой аустенитно-мартенситной трип-стали ВНС9 — Ш с 100% содержанием мартенсита деформации в поверхностных слоях при интегральном содержании 80–85%. Показано, что при температуре отпуска свыше 450 °С наблюдает-

ся процесс обратного мартенситного превращения в аустенит и происходит резкое снижение прочностных характеристик. Изучена кинетика структурных изменений и фазовых превращений, происходящих в трип-стали после отпуска при различных температурах по данным АЭ контроля.

25.05-01.268 Особенности радиальных зависимостей физических свойств никелида титана в прутках после ротационнойковки. Черняева Е.В., Чернявская Н.В., Андреев В.А., Вьюненко Ю.Н. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 86-87. Рус.

Проведено исследование калориметрических свойств, характеристик акустической эмиссии (АЭ) при индентировании, а также микротвердости сплава Ti-55,15 вес.%Ni в прутке диаметром 10 мм после тепловой ротационнойковки. Измерения проводили вдоль радиуса дискообразных образцов толщиной 2 мм.

25.05-01.269 Особенности контроля состояния теплоэнергетического оборудования. Носов В.В., Перетятко С.А. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 88-89. Рус.

Решение проблем повышения надежности, безотказности и эффективности влияет на результаты выполнения таких задач как постепенная замена основных, уже устаревших, фондов и сокращение затрат на ремонтно-восстановительные работы теплоэнергетического оборудования. Замена оборудования на предприятиях происходит медленными темпами. В данных условиях все внимание и силы направляются в сферу научных разработок, решения задач совершенствования методов и средств оценки теплоэнергетического оборудования.

25.05-01.270 Диагностика опор качения и скольжения. Автоматизация и биллинговая система мониторинга транспорта. Короткевич С.В., Короткевич М.С. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 90-91. Рус.

Разработан стенд для диагностики опор качения физическими методами: акустической эмиссии, электрофизического зондирования, температурным и трибометрическим.

25.05-01.271 Исследование процессов кристаллизации Al методом акустической эмиссии. Ярославкина Е.Е., Кузькин В.В., Зобнин П.Ю., Ярославкин А.Ю. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 92-93. Рус.

Акустико-эмиссионный метод контроля кристаллизации позволяет получать сведения о перестройках структуры металла. Преимущество данного метода состоит в непрерывном контроле технологического процесса изготовления слитков. Предложена система, позволяющая прогнозировать макроструктуру металла во время его кристаллизации. Система не оказывает никакого влияния на протекающие физические процессы. Метод основан на регистрации сигнала акустической эмиссии на всем протяжении времени затвердевания расплава. Такая технология применима как на заливке отдельных небольших образцов, так и на производстве машинами непрерывного литья алюминиевых слитков. Измерительная система можно использовать на производстве не только алюминиевых изделий, но и отливки из других металлов и сплавов.

25.05-01.272 Разработка системы поверки корреляционных течеискателей. Мельников Е.В., Теплов Е.С., Тюрин Е.А., Зобнин П.Ю. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 94-95. Рус.

Для своевременного обнаружения аварийной ситуации, связанной с истечением продукта из трубопроводов, используются различные методы контроля их состояний. Наиболее мас-

совыми системами локализации течей на данный момент являются несколько методов и устройств течеискания: расчетно-аналитический, геофонический, корреляционный. Последний оптимально подходит для поиска мест утечек из трубопровода в условиях, при которых нет возможности получить доступ к визуальному осмотру всего участка трубопровода, однако имеет ряд определенных недостатков, вынуждающих производить тестирование данной системы на корректность предоставляемых данных. В рамках исследований проводимых на кафедре «Информационно-измерительная техника» ФГБОУ СамГТУ определен необходимый набор параметров, которые должна формировать ИИС для тестирования корреляционных течеискателей.

25.05-01.273 Исследование критериев оценки технического состояния объектов акустико-эмиссионного контроля при идентификации различных типов дефектов. Кутень М.М., Бобров А.Л. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 95-96. Рус.

Повышение безопасности на промышленных предприятиях является основополагающей задачей. Поэтому постоянный мониторинг опасных производственных объектов, таких как сосуды, резервуары, трубопроводы и др., является неотъемлемой частью предупреждающих мероприятий в аварийных ситуациях. Акустико-эмиссионный (АЭ) контроль является одним из способов, обеспечивающих непрерывную оценку состояния объекта даже при значительном удалении оператора от него, в режиме реального времени с помощью систем АЭ-мониторинга. Как известно, обнаружению и регистрации подвергаются только развивающиеся дефекты. Метод АЭ контроля так же обеспечивает последующую классификацию дефектов по степени их опасности, что дает возможность планирования ремонтных мероприятий и не допускает возникновение аварийных ситуаций. Следует заметить, что в настоящее время нет существующей документации, регламентирующей организацию и порядок проведения АЭ контроля опасных производственных объектов. Следовательно, выбор и применение критериев оценки, по которым выносится заключение об объекте контроля, является актуальной задачей. Критерии оценки, содержащие потоковые параметры акустической эмиссии, используются для нахождения дефекта и установления, в той или иной мере, степени его роста. Однако, определение точного местоположения и размеров дефекта или предсказание его развития, например, напрямую зависят от типа дефекта. Следует отметить, что даже незначительные локальные (усталостные трещины) или распределенные (коррозионные участки) дефекты могут быть ключевой причиной преждевременного разрушения конструкции. Более того, для различных типов дефектов характерна многоэтапность этапов их развития, каждая из которых, в свою очередь, имеет разноплановую физическую природу.

25.05-01.274 Исследование повреждаемости углепластика методом акустической эмиссии. Холодов С.С., Бигус Г.А. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 98. Рус.

Целью исследования являлась оценка возможности применения АЭ для определения момента зарождения микротрещин в углепластике и прогнозирования предела прочности углепластика при одноосном растяжении.

25.05-01.275 Акустико-эмиссионная диагностика цапф сушильных цилиндров бумаго- и картоноделательных машин. Растегаев И.А., Хрусталева А.К., Севастьянов Д.В., Плюснин А.Д., Мелентьев С.В., Данюк А.В., Афанасьев М.А., Мерсон Д.Л. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 99-100. Рус.

Причиной обрыва цапф сушильных цилиндров является возникновение и развитие в них усталостных трещин. Обрыв цапф сопровождается их падением с повреждением сушильного сукна и продукта (бумажного или картонного полотна). Однако

основной ущерб составляет не стоимость замены сушильного цилиндра и полотна, а потери из-за снижения объема производства за время внепланового ремонта. В процессе работы сушильных цилиндров контролируется вибрация и нагрев подшипниковых узлов. Анализ вибрации и температуры предшествующих произошедшим аварийным случаям с обрывом цапф не выявил диагностических признаков по которым заблаговременно возможно было бы выявить критическую поврежденность цапф. Таким образом, возникла необходимость в применении новых методов для выявления поврежденности материала цапф. В качестве такого метода предложен метод акустической эмиссии (АЭ), важнейшим достоинством которого, является возможность обнаружения и классификации по степени опасности развивающихся (активных) дефектов, в том числе трещин.

25.05-01.276 Способ диагностирования остекления фонаря герметизированной кабины воздушного судна на основе метода акустической эмиссии. Попов А.В., Комлев А.Б., Волошина В.Ю., Самуйлов А.О. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 101-102. Рус.

В настоящее время нередки случаи разрушения и срыва фонаря кабины воздушных судов по причине разгерметизации и трещинообразования. Существуют различные подходы к диагностике состояния остекления фонаря кабины воздушного судна начиная от простейших визуальных осмотров деталей до широкого применения современных комплексов неразрушающего контроля в условиях авиаремонтных предприятий. Недостатком известного способа диагностирования состояния остекления фонаря кабины воздушного судна является отсутствие аппаратной реализации и низкая вероятность обнаружения и прогнозирования динамики развития дефектов на ранних стадиях. Техническим результатом применения разработанного способа диагностирования остекления фонаря герметизированной кабины воздушного судна на основе метода акустической эмиссии является: 1. Повышение вероятности обнаружения дефектов остекления фонаря кабины воздушного судна в области заделки; 2. Возможность прогнозирования динамики развития дефектов на ранних стадиях.

25.05-01.277 Система оценки прочности конструкций авиационной и ракетно-космической техники на основе инвариантов акустической эмиссии. Попов А.В., Волошина В.Ю., Комлев А.Б., Самуйлов А.О. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 103-104. Рус.

Проведенный анализ оцениваемых информативных параметров, существующих акустико-эмиссионных комплексов позволил установить, что эти параметры не имеют физически обоснованных критериальных значений для определения степени опасности дефектов, существенным образом зависят от предьстория эксплуатации, формы и размеров конструкций, уровня и характера шумов. Созданная система оценки эксплуатационной пригодности конструкций, позволяет оперативно (в реальном масштабе времени) в акустико-эмиссионных аппаратно-программных комплексах обрабатывать многоканальную и многопараметрическую информацию об изменении информативных параметров акустической эмиссии и местоположении дефектов, оценивать степень опасности дефектов и возможность дальнейшей эксплуатации конструкции, обеспечивает оперативность, достоверность и снижение стоимости определения возможности эксплуатации силовых элементов конструкций.

25.05-01.278 Неразрушающий контроль и механика разрушения при технической диагностике сосудов давления. Пичков С.Н., Шишулин Д.Н., Панов В.А., Захаров Д.А. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021, с. 105-106. Рус.

Оценка ресурса сложных потенциально опасных инженерных объектов атомного и химического машиностроения на стадии

проектирования, оценка выработанного, прогноз остаточного ресурса в процессе эксплуатации этих объектов, продление безопасного срока их службы после отработки этими объектами нормативного срока — являются важнейшими и актуальными задачами современного машиностроения. Процессы исчерпания ресурса являются многостадийными, сильно нелинейными, взаимосвязанными и сильно зависящими от конкретных условий изготовления и эксплуатации индивидуального объекта.

25.05-01.279 Эмпирический подход к оценке вероятности обнаружения усталостных трещин методом акустической эмиссии. *Барат В.А., Елизаров С.В., Иванов В.И. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 107-108. Рус.

Предлагается эмпирический метод оценки вероятности обнаружения дефектов при проведении акустико-эмиссионного контроля, который рассматривается на примере обнаружения усталостных трещин в сталях перлитного класса. Вероятность оценивается на основании определенного выбранного критерия обнаружения дефекта с учетом характеристик источника акустической эмиссии и параметров акустического тракта.

25.05-01.280 Особенности применения АЭ мониторинга технического состояния изотермических резервуаров для хранения сжиженных газов. *Ханухов Х.М., Четвертухин Н.В., Алипов А.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 109-110. Рус.

Хранение промышленных газов (ПГ) является важной частью технологической цепочки — добыча—переработка—потребление. ПГ хранятся в жидком состоянии под давлением или низких температурах. Наиболее эффективным способом хранения является изотермический при температуре кипения хранимого продукта и давлении, близком к атмосферному. В настоящее время в мировой и отечественной практике изотермического резервуаростроения наиболее надежной и безопасной конструкцией принята конструкция наземного теплоизолированного изотермического резервуара (ИР) полного сдерживания с двумя цельнометаллическими оболочками и подвесной газопроницаемой крышей (объемом до 60 000 м³) или комбинированная конструкция — с внутренней металлической оболочкой с подвесной крышей и преднапряженной железобетонной оболочкой.

25.05-01.281 Изучение водородного воздействия в совместном анализе акустической эмиссии и механической спектроскопии. *Чуканов А.Н., Яковенко А.А., Цой Е.В., Терёшин В.А., Моденов М.Ю. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 113-114. Рус.

Исследовали деградацию, деструкцию и эволюцию дефектов водородной повреждаемости в сталях 20 и Ст3 при насыщении их водородом в 0,1 норм. растворе H₂SO₄ с NH₂CNSH₂ при электролитической катодной поляризации и последующем деформировании.

25.05-01.282 Оценка точности стандартного алгоритма линейной локации источников акустико-эмиссионных сигналов. *Махутов Н.А., Васильев И.Е., Чернов Д.В., Мищенко И.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 115-116. Рус.

Рассмотрены результаты погрешности линейной локации источника акустической эмиссии (АЭ) в зависимости от его положения относительно приемных преобразователей и амплитуды регистрируемых импульсов. Предложена методика повышения точности локации АЭ событий с использованием поправочных коэффициентов, учитывающих их положение относительно приемных преобразователей и уровень амплитуды регистрируемых импульсов.

25.05-01.283 Связь силового и акустико-

эмиссионного критерия для определения концентрации напряжений в зоне дефекта. Методика экспериментального определения коэффициента интенсивности напряжений в вершине трещины. *Параев С.А., Лебедев Д.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 117-119. Рус.

Приведены результаты применения силового и акустико-эмиссионного критерия для определения концентрации напряжений (ККН) в зоне дефекта. Описана методика экспериментального определения коэффициента интенсивности напряжений (КИН) в вершине трещины с помощью указанных критериев.

25.05-01.284 О применении математических методов в акустико-эмиссионном контроле самообучающейся нейронной сети типа LVQ. *Параев С.А., Бутусов О.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 119-121. Рус.

Приведены результаты разработки и применения математической модели и программ нейронной сети с целью повышения достоверности и точности полученных результатов акустико-эмиссионного (АЭ) контроля.

25.05-01.285 Применение современных математических методов на основе вейвлет-анализа для обработки данных акустико-эмиссионного контроля. *Параев С.А., Бутусов О.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 122-123. Рус.

Вейвлет-анализ широко применяется в разных отраслях техники, где требуется повышенная точность и надежность обработки данных. К вейвлетам относятся локализованные функции, которые конструируются из одного материнского вейвлета (или по любой другой независимой переменной) путем операций сдвига по аргументу и масштабного изменения.

25.05-01.286 Кластеризация сигналов акустической эмиссии при анализе кинетики накопления повреждений в полимерном композиционном материале. *Брянский А.А., Башков О.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 124-125. Рус.

Комплексная структура полимерных композиционных материалов (ПКМ) обеспечивает возможность задания механических свойств и их ориентирования в зависимости от используемых материалов и технологического процесса. Неоднородная структура ПКМ приводит к образованию повреждений в условиях приложения внешней нагрузки.

25.05-01.287 Разработка методики идентификации развивающихся повреждений на основе метода акустической эмиссии. *Кхун Х.Х., Башков О.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 126-127. Рус.

Исследование процесса накопления повреждений в конструкционных материалах является одной из важных задач при определении структурного состояния материалов и остаточного ресурса конструкций. Одним из решений данных задач является разработка методик интегральной оценки поврежденности, позволяющих получать качественную и количественную информацию о структурном изменении состояния конструкции в реальном времени развития деформации или разрушения/.

25.05-01.288 Исследование параметров сигналов, зарегистрированных волоконно-оптическими датчиками акустической эмиссии на адаптивных голографических интерферометрах. *Башков О.В., Ромашко Р.В., Башков И.О., Кхун Х.Х., Зайков В.И., Бао Ф. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участии-*

ем: *сборник материалов*. СПб.: Свен. 2021, с. 128-129. Рус.

Одним из эффективных методов неразрушающего контроля является метод акустической эмиссии. Был разработан принципиально новый тип датчиков акустической эмиссии. Датчик представляет собой распределенный волоконно-оптический датчик, построенный по схеме адаптивного интерферометра, основанного на использовании перезаписываемых динамических голограмм в фоторефрактивных кристаллах. Были проведены исследования на двух типах адаптивных интерферометров, функционирующих на фоторефрактивных кристаллах: теллуриде кадмия (CdTe) и силикате висмута ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_2$). Исследования показали возможность регистрации волн акустической эмиссии в металлических и полимерных композиционных материалах. В данной работе были проведены исследования волн АЭ, регистрируемых от различных источников возбуждения. Возбуждение осуществлялось искусственными источниками АЭ путем излома грифеля карандаша диаметром 0.5 мм. Имитация различных типов дефектов задавалась изменением твердости грифеля. В исследованиях использовались грифели твердостью НВ, Н и 2Н, помещаемые в имитатор Су—Нильсена. Твердость грифеля в данном случае является функцией скорости развития трещины. Грифель выступал над краем имитатора всегда на одинаковом расстоянии 2.5 мм. Это обеспечивало повторяемость эксперимента.

25.05-01.289 Исследование особенностей разрушения алюминиевых сплавов с оксидными покрытиями методом акустической эмиссии. *Баицков О.В., Бао Ф.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов*. СПб.: Свен. 2021, с. 130-131. Рус.

Оксидные покрытия, наносимые методом микродугового оксидирования (МДО), используются для защиты поверхности от износа, воздействия высоких температур, в качестве диэлектрических покрытий, а также в качестве твердой пористой основы для нанесения других видов функциональных покрытий. Высокая адгезия и неоднородность покрытий, наносимых микродуговым оксидированием, затрудняют использование стандартных способов определения их качества. Традиционные методы для оценки МДО не позволяют объективно анализировать происхождение дефектов при разрушении для определения текущего накопления повреждений. Метод акустической эмиссии (АЭ) — один из методов пассивной диагностики структурных изменений, возникающих в материалах при внешнем воздействии. На основе анализа таких параметров, как суммарная АЭ, амплитуда, энергия, медианная частота сигналов АЭ, можно выявлять совокупности параметров АЭ и их численных значений, характеризующих разрушение оксидного покрытия и подложки. Закономерности изменения регистрируемых параметров АЭ, можно использовать для описания особенностей повреждения различных стадий деформации и растяжения алюминиевых сплавов с оксидными покрытиями, наносимыми методом МДО.

25.05-01.290 Комплексирование вибрационного и акустико-эмиссионного методов неразрушающего контроля в задаче оценки технического состояния насосных агрегатов заправочного оборудования стартовых комплексов. *Астанков А.М., Ковалевич А.С., Степанова К.А.* *Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов*. СПб.: Свен. 2021, с. 134-135. Рус.

Результаты эксперимента показали перспективность применения метода акустической эмиссии на ранней стадии развития дефектов характерных для насосных агрегатов, функционирующих в неблагоприятных условиях эксплуатации. Комплексирование вибрационного и акустико-эмиссионного метода диагностики во время проведения периодических работ по оценке текущего технического состояния насосных агрегатов позволяет существенно повысить информативность контроля и точность принятия решения о дальнейшей эксплуатации данного вида оборудования.

25.05-01.291 Усилители мощности с управляемым

напряжением электропитания для генерации сложных широкополосных гидроакустических сигналов. *Александров В.А., Семенов Д.А., Симонова Г.С.* *Гидроакустика*. 2025, № 60, с. 69-79. Рус.

Представлены предложения по реализации усилителей класса HG и HD, использующих управляемое напряжение электропитания. Проведена оценка потерь энергии в таких усилителях при генерации широкополосных сигналов со значительным пик-фактором и широким динамическим диапазоном регулирования с дискретным переключением уровня мощности. Сформулированы рекомендации по применению усилителей смешанных классов в гидроакустическом тракте режимов гидролокации и гидроакустической связи.

25.05-01.292 Аппаратура и методика длительных измерений электромагнитного излучения и акустической эмиссии. Apparatus and technique for prolonged measurements of electromagnetic radiation and acoustic emission. *Demin V.M., Majbuk Z. Yu. Ya., Los' V.F., Lementueva R.A.* *Приборы и техника эксперимента*. 1995. 38, № 4, с. 149-154. Англ.

The apparatus permits to measure the electromagnetic (EMR) and acoustic (AR) radiations during uninterrupted prolonged measurements when simulating the processes of fractures for rock samples. It ensures the EMR and AR energy spectra determination and their combined processing in such main parameters as signal energy and number of signal, mean signal energy and energy release. The apparatus allows to obtain a new prognostic parameter of rock fracture, determined as the ratio of total energies of EMR and AR.

25.05-01.293 Электромагнитно-акустический генератор ударных волн. An electromagnetic acoustic shock wave generator. *Andriyanov Yu.V., Andriyanova O.N., Kozodoj P.V.* *Приборы и техника эксперимента*. 1999. 42, № 2, с. 254-260. Англ.

An electromagnetic acoustic shock wave generator with a parabolic reflector and a band foil inductor as a radiating element inside a metallic cylindrical shell is described. The electromechanical model calculated allows for evaluating the optimal number of turns (layers) of the band coil depending on the geometric parameters of the radiator. A model generator specimen ensured the stepwise variation of the acoustic pulse duration from 1 to 3 μs at a pressure amplitude of ≈ 100 MPa at the focus. The possibility of generating two successive acoustic pulses of different duration with a controlled time delay between them is considered. The device can be applied in medical facilities for destruction of kidney stones and gallstones, and the high stability of the parameters of acoustic pulses may be of interest in studying the biology of cell cultures (sonoporation), acoustic cavitation, etc.

См. также **25.05-01.20, 25.05-01.56, 25.05-01.185, 25.05-01.199, 25.05-01.200, 25.05-01.207**

Акустические измерения и аппаратура

25.05-01.294 Особенности распространения акустических нормальных волн в тонких пористых листах терморасширенного графита. *Муравьева О.В., Блинова А.В., Денисов Л.А., Богдан О.П.* *Приборы и методы измерений*. 2025. 16, № 3, с. 213-230. Рус.

Терморасширенные графиты относятся к новому классу графитовых материалов, обладающих уникальными физико-химическими и механическими свойствами. Скорость акустических волн — одна из важнейших характеристик при исследованиях пористых материалов, в том числе, тонких пористых листов терморасширенного графита. В статье экспериментально исследованы особенности распространения симметричной моды S0 волны Лэмба и SH-волны горизонтальной поляризации в листах терморасширенного графита. Для определения скоростей использована дифференциальная схема измерений, реализованная на базе низкочастотного акустического дефектоскопа DIO1000 LF и специализированных пьезопреобразователей с сухим точечным контактом. Дополнительно определена скорость продольной волны в направлении толщины листа с использованием пьезопреобразователей на основе поливинили-

дентфторида. Построены индикатрисы скоростей нормальных волн в плоскости проката и показано, что максимальная акустическая анизотропия его свойств характерна для используемой S0 моды, при этом минимум скорости соответствует продольному направлению плоскости проката, в котором наблюдается максимальная вытянутость газовых пор. Исследовано влияние толщины и плотности листов терморасширенного графита на скорость нормальных волн и показано наличие области толщин, где наблюдается их минимальное значение вследствие максимальной неоднородности слоёв, формируемых в процессе прокатки. Предложена методика определения динамических упругих модулей пористых листов терморасширенного графита по данным экспериментально измеренных скоростей нормальных волн и показано, что в продольном направлении плоскости проката коэффициент Пуассона принимает отрицательное значение, что позволяет отнести указанный материал к ауксетикам.

25.05-01.295 Выбор геометрической формы проточной части дистанционно-управляемого клапана в целях минимизации его акустической излучаемой мощности турбулентного шума и гидравлического сопротивления. *Пономарев С.А., Крючков А.Н., Родионов Л.В., Стадник Д.М., Ермилов М.А., Пономарева С.А. Динамика и виброакустика.* 2025. 11, № 2, с. 73-86. Рус.

С помощью численного моделирования изучается излучение акустической мощности изотропного турбулентного потока перегретого пара в проточной части запорного углового клапана. Исследование проводится в целях выбора геометрических размеров проточной части углового клапана, при которых для заданной скорости среды в подводящем патрубке будет обеспечиваться условие минимизации мощности акустического излучения в присоединённые трубопроводные магистрали. На определённые параметры проточной части клапана наложены конструктивные ограничения, определяемые как существующей базой комплектующих (сильфоны с ограничением по максимальным допустимым давлению и сжатую), так и требованием по минимальным габаритам клапана (и в частности привода, размеры которого определяются диаметром седла). В рамках исследования за счёт детального численного гидродинамического и акустического моделирования рассмотрена и оценена эффективность различных мероприятий по изменению базовой конструкции клапана, направленных на снижение акустической мощности потока в клапане, как отдельно друг от друга, так и в совокупности. Авторами установлено, что наиболее эффективными из них оказались: изменение высоты подъёма золотника, изменение радиальных размеров кольцевой полости клапана между золотником и втулкой, причём расчётная эффективность мероприятий достигает 11 дБ. Полученные результаты рекомендуются к использованию при доводке запорных клапанов инвертированных гидравлических систем для снижения генерируемого ими шума.

25.05-01.296 Определение гидродинамических и виброакустических характеристик запорного клапана методом гибридного инжиниринга. *Чистякова Т.Г., Куличкова Е.А. Динамика и виброакустика.* 2025. 11, № 4, с. 33-42. Рус.

Новые технологии являются значимым фактором повышения эффективности деятельности промышленных предприятий. Традиционные способы проектирования не позволяют закрыть потребности в технологическом оборудовании. Перспективным направлением является гибридный инжиниринг, объединяющий физические и виртуальные подходы в единый процесс. Основой данного подхода является обратный инжиниринг и численное моделирование. В статье на примере создания невозвратно-запорного клапана рассматривается реализация гибридного инжиниринга. Приведены результаты лазерного сканирования деталей, сформулированы преимущества и недостатки. Приведены результаты гибридного подхода к численному моделированию для прогнозирования уровней шума. Выявлена необходимость дальнейших исследований для накопления практического опыта, достоверной статистической информации, результатов верификации и валидации, базы знаний. Подтверждено, что гибридные подходы являются наиболее перспективными для ускоренного проектирования и про-

гнозирования характеристик, позволяют уже на начальном этапе выявить недостатки конструкции, и в случае необходимости произвести оптимизацию с целью достижения заданных требований.

25.05-01.297 Амплитудно-частотное измерение вибрации скважинного инструмента. *Ахобадзе Г.Н. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.* 2025, № 6, с. 10-15. Рус.

На основе использования характеристик стоячей волны и открытого резонатора предлагаются принципы измерения вибрации скважинного инструмента. Дается анализ возникновения стоячей волны, как результат суммирования падающей электромагнитной волны на плоскую металлическую пластинку, воспринимающую механическое воздействие ствола гидромеханического датчика, и отраженной волны от нее. Предлагается схема измерения вибрации контролируемого параметра с возможностью расширения диапазона однозначного линейного измерения вибрации. Обосновывается и предлагается подход к измерению вибрации на базе открытого резонатора, как один из способов повышения точности измерения вибрации. Приводится схема конфокального измерительного резонатора вибрации с двумя плоскими металлическими пластинками. Ключевые слова: вибрация, амплитуда стоячей волны, фазовый детектор, деформация, прогиб, резонансная частота, отражатели. DOI: 10.25791/pribor.6.2025.1588.

25.05-01.298 Применение методов импульсной акустической микроскопии для исследования губчатых биокomпозитов на основе хитозана. *Петрониюк Ю.С., Храмова Е.А., Антипова К.Г., Васильева С.Г., Богаченков А.Н., Соловченко А.Е., Григорьев Т.Е. Известия РАН. Серия физическая.* 2025. 89, № 1, с. 150-156. Рус.

Предложена методика локальной оценки акустических свойств губчатых полимерных образцов, основанная на визуализации микроструктуры, измерении затухания и скорости звука. Предложенный подход является актуальным для изучения биополимерных композитных материалов и конструкций на их основе, поскольку дает возможность *in situ* наблюдать деградацию структуры под воздействием внешних факторов, а также при необходимости исследовать накопление биологических соединений.

25.05-01.299 Измерения параметров акустического излучения, сопутствующего замедлению интенсивного протонного пучка в воде. *Measurements of the parameters of the acoustic radiation accompanying the moderation of an intense proton beam in water. Albul V.I., Bychkov V.B., Gusev K.E., Demidov V.S., Demidova E.V., Kononov S.L., Kurchanov A.F., Luk'yashin V.E., Lyashuk V.I., Novikov E.G., Rostovtsev A.A., Sokolov A.Yu., Feizkhanov U.F., Khaldeeva N.A. Приборы и техника эксперимента.* 2001. 44, № 3, с. 50-57. Англ.

Using the external proton beam of the accelerator at the Institute of Theoretical and Experimental Physics (ITEP), an experiment was performed on recording the acoustic signals accompanying the moderation (up to termination) of an intense proton beam with an energy of up to 200 MeV in water. The signals are damped quasi-periodic oscillations, whose initial period reflects the features of the radiating system. Parameters of the acoustic signal are measured in a wide range of energy release (from 10^{16} to $1.2 \cdot 10^{19}$ eV) for three values of the beam diameter.

25.05-01.300 Малогабаритный лабораторный акустический микроскоп (АМ). *Small-sized laboratory acoustic microscope (AM). Pushnyj M.F., Pushnaya S.V. Приборы и техника эксперимента.* 2002. 45, № 6, с. 142. Англ.

A small-sized laboratory AM is intended for studying the internal microstructure of opaque and optically inhomogeneous objects. One of the AM advantages is high accuracy of ultrasonic echo-signal detection and, therefore, its high sensitivity of measuring techniques. The AM schematic diagram and main performances are presented.

25.05-01.301 Широкодиапазонный акустический анализатор двухкомпонентной газовой смеси. *Алферов В.Н., Васильев Д.А. Приборы и техника эксперимента.*

та. 2025, № 1, с. 143-146. Рус.

Описан датчик анализа состава бинарной газовой смеси с помощью акустического резонатора на основании зависимости скорости звука в газе от его молекулярной массы. Для анализа состава смеси необходимо иметь в распоряжении один из газов в чистом виде. В этом случае погрешность измерения не хуже 10^{-4} . В качестве референсной также можно использовать смесь с известным составом.

25.05-01.302 Акустический метод определения энергии тяжелых заряженных частиц высокой энергии. An acoustic method for determination of heavy high-energy charged particle energy. *Bavizhev M.D., Burlikov V.L., Vorob'ev S.A., Kargapol'tsev A.V., Simanchuk V.I. Приборы и техника эксперимента.* 1991. 34, № 4, с. 47-48. Англ.

A method for determination of heavy charged particle energy using the results of acoustic measurements is suggested. To test the method, the energy of protons has been determined at the INEP I-100 linac with the following parameters: 100 ± 1 MeV particle energy; $1 \cdot 10^{10} - 1,5 \cdot 10^{11}$ sm⁻² particle pulse intensity; 0.3–60 μs current pulse length. Determination error for about 100 MeV protons doesn't exceed 3%.

25.05-01.303 Изготовление преобразователя поверхностных акустических волн. Manufacture of a converter for surface acoustic waves. *Borshchan V.S., Rezvov Yu.G., Sivkova O.D. Приборы и техника эксперимента.* 1993. 36, № 2, с. 189-190. Англ.

A converter for excitation of surface acoustic waves in piezoelectric materials is known, for manufacturing which they make a recess on a sound guide's surface by the method of ion etching. A method for the mechanical fabrication of such a recess is described. By this method, a converter with a central frequency of 10.4 MHz at an excitation effectiveness of 27 db is made from lithium niobate Y+128-section.

См. также **25.05-01.20, 25.05-01.65, 25.05-01.68, 25.05-01.99, 25.05-01.125, 25.05-01.185, 25.05-01.200, 25.05-01.206, 25.05-01.207, 25.05-01.223, 25.05-01.224, 25.05-01.225, 25.05-01.226, 25.05-01.227, 25.05-01.228, 25.05-01.229, 25.05-01.230, 25.05-01.231, 25.05-01.232, 25.05-01.233, 25.05-01.234, 25.05-01.235, 25.05-01.236, 25.05-01.237, 25.05-01.238, 25.05-01.239, 25.05-01.240, 25.05-01.241, 25.05-01.242, 25.05-01.243, 25.05-01.244, 25.05-01.245, 25.05-01.246, 25.05-01.247, 25.05-01.248, 25.05-01.249, 25.05-01.250, 25.05-01.251, 25.05-01.252, 25.05-01.253, 25.05-01.254, 25.05-01.255, 25.05-01.256, 25.05-01.257, 25.05-01.258, 25.05-01.259, 25.05-01.260, 25.05-01.261, 25.05-01.262, 25.05-01.263, 25.05-01.264, 25.05-01.265, 25.05-01.266, 25.05-01.267, 25.05-01.268, 25.05-01.269, 25.05-01.270, 25.05-01.271, 25.05-01.272, 25.05-01.273, 25.05-01.274, 25.05-01.275, 25.05-01.276, 25.05-01.277, 25.05-01.278, 25.05-01.279, 25.05-01.280, 25.05-01.281, 25.05-01.282, 25.05-01.283, 25.05-01.284, 25.05-01.285, 25.05-01.286, 25.05-01.287, 25.05-01.288, 25.05-01.289, 25.05-01.290**

Медицинский ультразвук, медицинские приборы

См. **25.05-01.60, 25.05-01.66, 25.05-01.215**

Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

25.05-01.304 A-Line. Выполнение акустико-эмиссионного контроля. Практическое руководство. *Комаров А.Г. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 132-134. Рус.

Разработанный совместно со специалистами «ИНТЕРЮНИС-ИТ» методический документ «A-Line. Выполнение акустико-эмиссионного контроля. Практическое руководство» может быть использован для обоснованного выбора при планирова-

нии приобретения подходящей АЭ системы, при выполнении практического акустико-эмиссионного контроля оборудования нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических производств, при обучении специалистов, в качестве справочного пособия по АЭ приборам семейства A-Line производства компании ИНТЕРЮНИС-ИТ.

25.05-01.305 Исследование системы амортизации судовых электростанций с приводным дизелем 5ЧН 25/30 и предложения по ее усовершенствованию. *Минасян М.А., Минасян А.М. Морские интеллектуальные технологии.* 2024, № 4-1, с. 149-160. Рус.

Объектами исследования являются два дизель-генераторных агрегата ДГА-500 №2 и №3 из четырех в составе судовой электростанции, которые расположены вдоль рефрижераторного судна проекта В437/11 параллельно друг другу, находятся ближе к правому борту с генераторами, обращенными к носу. Ну-мерация установок велась с левого борта. Гипотеза исследования — в судовой электростанции с приводным дизелем 5ЧН 25/30, не отвечающим критериям неуравновешенности Каца, целью амортизации может быть звукоизоляция с одновременной работой опорных и упорных виброизоляторов. Целями исследования являются обоснование несовершенства системы опорной и упорной амортизации судовых электростанций с приводным дизелем 5ЧН 25/30 и предложение оригинального решения по усовершенствованию системы амортизации. Заключение 1. Исследования системы амортизации судовых электростанций с приводным неуравновешенным дизелем 5ЧН25/30 подтвердили не только неудачность их акустического проектирования, но и недостаточную грамотность при модернизации систем опорной и неопорной амортизации.

25.05-01.306 Особенности диагностики машин по импульсной вибрации. *Барков А.В., Баркова Н.А., Грищенко Д.В., Егорова А.Д. Морские интеллектуальные технологии.* 2025, № 2, с. 236-243. Рус.

Определены основные ограничения на качество диагностики машин с узлами возвратнопоступательного действия на основе спектрального анализа вибрации и огибающей ее высокочастотных компонент, предложены решения по расширению алгоритмов анализа импульсной вибрации опор вращения машины во времени, по частоте и в пространстве с использованием синхронного накопления сигналов. Показаны возможности спектрального анализа вибрации, объединяемого с синхронным и перекрестным анализом ее импульсных компонент, позволяющие расширить применимость вибрационной диагностики на поршневые машины. Особое внимание уделено вопросам анализа кругограмм вибрации и ее компонент на длительных интервалах синхронного накопления. Расширенный анализ импульсной вибрации использован для идентификации дефектов в крупном плунжерном насосном агрегате с электродвигателем и редуктором, значительная часть дефектов которого является источником импульсной вибрации. Достоверность обнаружения каждого из группы развитых дефектов в узлах агрегата по результатам диагностики подтверждена дефектацией перед ремонтом, выполненной после дополнительной месячной наработки, когда появилась независимая информация об опасном состоянии агрегата.

См. также 25.05-01.20, 25.05-01.185, 25.05-01.200, 25.05-01.207, 25.05-01.212, 25.05-01.223, 25.05-01.224, 25.05-01.225, 25.05-01.226, 25.05-01.227, 25.05-01.228, 25.05-01.229, 25.05-01.230, 25.05-01.231, 25.05-01.232, 25.05-01.233, 25.05-01.234, 25.05-01.235, 25.05-01.236, 25.05-01.237, 25.05-01.238, 25.05-01.239, 25.05-01.240, 25.05-01.241, 25.05-01.242, 25.05-01.243, 25.05-01.244, 25.05-01.245, 25.05-01.246, 25.05-01.247, 25.05-01.248, 25.05-01.249, 25.05-01.250, 25.05-01.251, 25.05-01.252, 25.05-01.253, 25.05-01.254, 25.05-01.255, 25.05-01.256, 25.05-01.257, 25.05-01.258, 25.05-01.259, 25.05-01.260, 25.05-01.261, 25.05-01.262, 25.05-01.263, 25.05-01.264, 25.05-01.265, 25.05-01.266, 25.05-01.267, 25.05-01.268, 25.05-01.269, 25.05-01.270, 25.05-01.271, 25.05-01.272, 25.05-01.273, 25.05-01.274, 25.05-01.275, 25.05-01.276, 25.05-01.277, 25.05-01.278, 25.05-01.279, 25.05-01.280, 25.05-01.281, 25.05-01.282, 25.05-01.283, 25.05-01.284, 25.05-01.285, 25.05-01.286, 25.05-01.287, 25.05-01.288, 25.05-01.289, 25.05-01.290, 25.05-01.295, 25.05-01.296

Акустические методы обработки материалов и изделий

См. 25.05-01.20, 25.05-01.185, 25.05-01.200, 25.05-01.229, 25.05-01.230, 25.05-01.231, 25.05-01.232, 25.05-01.233, 25.05-01.234, 25.05-01.245, 25.05-01.250, 25.05-01.251, 25.05-01.252, 25.05-01.253, 25.05-01.254, 25.05-01.255, 25.05-01.256, 25.05-01.259, 25.05-01.263, 25.05-01.267, 25.05-01.271, 25.05-01.286, 25.05-01.289

Акустические технологии в промышленности

См. 25.05-01.232, 25.05-01.237, 25.05-01.241, 25.05-01.244, 25.05-01.260, 25.05-01.261, 25.05-01.269, 25.05-01.270, 25.05-01.272, 25.05-01.273, 25.05-01.275, 25.05-01.276, 25.05-01.277, 25.05-01.278, 25.05-01.280, 25.05-01.281, 25.05-01.290

Акустический мониторинг технологических процессов

См. 25.05-01.177

Акустическая метрология и калибровка

25.05-01.307 Эталонная установка для измерения и воспроизведения амплитуды ультразвукового смещения, колебательной скорости поверхности твердых сред и коэффициента электроакустического преобразования в системе передачи размеров воспроизводимых единиц рабочим средствам измерений. *Бахшеев В.Г., Панин В.И., Шулатов А.В., Хомяков В.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 44-45. Рус.

Национальный эталон ГЭТ194-2011 возглавляет поверочную схему для средств измерений амплитуды ультразвукового сме-

щения и колебательной скорости поверхности твердых сред в диапазоне частот от 0,02 до 30 МГц. В его состав входит исходная эталонная установка. Однако, она не может непосредственно осуществить передачу воспроизводимых эталоном единиц в столь широкой области частот при различных типах волнового движения в твердых телах. Она ограничена частотным диапазоном (0,3–3,0) МГц. Поэтому была разработана эталонная установка, обеспечивающая передачу размеров единиц УЗ смещения и колебательной скорости поверхности твердых сред от ГЭТ194-2011 нижестоящими СИ в диапазоне частот (0,02–10,0) МГц.

25.05-01.308 Методические аспекты разработки нормативных документов по методу акустической эмиссии. *Носов В.В. Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов.* СПб.: Свен. 2021, с. 97. Рус.

Нормативные документы (НД) призваны оптимизировать технические решения и работу специалистов. В мировой практике существует два подхода для нормирования технических решений: 1. Регламентация конечного результата при свободе выбора путей достижения такого результата; 2. Регламентация самого пути получения требуемого результата. Таким образом, в центре внимания при разработке нормативных документов должен стоять результат применения метода акустической эмиссии (АЭ) её пользователями, которые основное его назначение видят в диагностировании и оценке ресурса объекта контроля. Однако данный принцип совершенствования методического обеспечения иногда подменяется рыночными интересами производителей аппаратуры АЭ, сводящими нормативные документы к обоснованию благоприятных условий разработки, изготовления и реализации акустико-эмиссионных приборов, информационно-измерительных систем и комплексов.

25.05-01.309 Научный совет РАН по метрологическому обеспечению и стандартизации возобновил свою работу. *Мир измерений.* 2025, № 2, с. 8-9. Рус.

Научный совет РАН по метрологическому обеспечению и стандартизации образован постановлением Президиума РАН, в его обновленный состав вошли академики и члены-корреспонденты РАН, руководители институтов РАН, высших учебных заведений, представители федеральных органов исполнительной власти и системы Росстандарта. Среди основных направлений деятельности Совета — содействие выполнению фундаментальных и поисковых научных исследований в метрологическом обеспечении с целью создания уникальной измерительной техники и развития отечественной приборостроительной промышленности, выявление перспективных научных направлений в области метрологии и стандартизации, выработка рекомендаций по применению достижений фундаментальной науки для их использования в метрологическом обеспечении национальной экономики.

См. также 25.05-01.92, 25.05-01.205, 25.05-01.258

Акустические стандарты

См. 25.05-01.178, 25.05-01.205, 25.05-01.233, 25.05-01.307, 25.05-01.308

Акустика в инженерном деле

См. 25.05-01.46, 25.05-01.99, 25.05-01.149, 25.05-01.168

Физика

25.05-01.310 Механика твердого тела в неортогональном пространстве-времени. *Васильев В.В., Федоров Л.В. Механика твердого тела.* 2025, № 4, с. 35-43. Рус.

Статья посвящена получению и приложению соотношений механики твердого тела, записанных в специальной системе координат, в которых пространственная ось не ортогональна оси

времени. Установлено, что в такой системе скорость света в принципе недостижима. Приведены формулы координатного преобразования, обобщающие классические формулы Лоренца, из которых следует, что при максимально допустимой скорости длина линейного элемента не обращается в ноль, а масса тела не обращается в бесконечность. В качестве приложения рассматривается задача релятивистской механики о гравитационном сжатии и расширении пространства в сферических координатах. Получены соотношения, определяющие угол между радиальной осью и осью времени для внешнего пустого пространства и внутреннего пространства сферы, состоящей из системы частиц. В предлагаемой системе координат исследованы процессы гравитационного сжатия (коллапса) и неограниченного расширения сферы.

25.05-01.311 Пилотная модель сети научных журналов России: анализ на основе графа пересечений. *Печников А.А. Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки.* 2025. 167, № 2, с. 311-328. Рус.

Научные журналы играют важную роль в научном сообще-

стве, являясь определяющим инструментом развития науки и обмена знаниями. Отношения между журналами многогранны и имеют разную природу, в совокупности формируя связи в сложной сети журнальной коммуникации. Разработка адекватных математических моделей подобных объектов, обладающих способностями к самоорганизации, является серьезной проблемой, требующей всестороннего изучения. В работе предложен подход к анализу сети журналов, базирующийся на новом библиографическом графе отношений между журналами, когда связь между журналами определяется наличием общих авторов, то есть фактически на бинарной операции пересечения множеств авторов журналов. Это позволяет рассмотреть два уровня взаимодействия журналов, нижний из которых представляет собой отношения на множествах журналов, объединяемых в научные тематики, а верхний — отношения между тематиками, с использованием единых приемов и методов обработки исходных данных. Названный подход продемонстрирован на пилотном примере, построенном по данным eLIBRARY.RU, и позволяет получить ряд результатов, свидетельствующих о перспективности его использования и возможностях масштабирования.

Астрономия

25.05-01.312 Кватернионные регулярные уравнения задачи двух тел и задачи о движении спутника в гравитационном поле Земли в переменных Кустаанхеймо—Штифеля и модифицированных четырехмерных переменных: динамика относительного движения. *Челноков Ю.Н. Механика твердого тела.* 2024, № 2, с. 103-138. Рус.

Развита предложенная нами ранее в рамках возмущенной пространственной задачи двух тел кватернионная регуляризация дифференциальных уравнений (ДУ) относительного возмущенного движения изучаемого тела: уравнений движения центра масс этого тела в системе координат, вращающейся в инерциальной системе координат по произвольно заданному закону, а также развита кватернионная регуляризация ДУ движения изучаемого тела относительно системы координат, связанной с Землей. Предложены новые кватернионные ДУ возмущенного движения искусственного спутника Земли относительно системы координат, связанной с Землей. Эти уравнения имеют (в новом времени) вид ДУ относительного движения возмущенного четырехмерного осциллятора в переменных Кустаанхеймо—Штифеля или в предложенных нами модифицированных четырехмерных переменных, дополненных ДУ уравнения —мидляэнергии движения спутникаивремени. Вэтихурав-

25.05-01.313 Резонансные вращения динамически симметричного спутника с шаровым демпфером на круговой орбите. *Амелькин Н.И. Механика твердого тела.* 2024, № 3, с. 112-123. Рус.

Для спутника с шаровым демпфером изучается влияние внутренней диссипации на вращательное движение в центральном гравитационном поле. Получены уравнения вращательного движения динамически симметричного спутника с шаровым демпфером на эллиптической орбите. Для случая круговой орбиты с использованием метода осреднения исследованы пространственные резонансные вращения динамически симметричного спутника с шаровым демпфером.

25.05-01.314 О максвелловом представлении гравитационного потенциала симметричного тела. *Никонова Е.А. Механика твердого тела.* 2024, № 4, с. 76-89. Рус.

Обсуждается восходящий к Максвеллу подход к представлению потен-циала, в частности потенциала ньютоновского поля тягот — — его осеимомента. Случаи имеют место, когда тело обладает теми или другими свойствами, например, когда оно является гравитационный потенциал, моменты инерции высших порядков, ма-ковоееприближениепотенциала, равногранный тетраэдр.

25.05-01.315 Динамический анализ возмущенного движения земного полюса. *Перепёлкин В.В. Механика твердого тела.* 2024, № 6, с. 91-103. Рус.

В рамках пространственного варианта задачи "деформируе-

мая Земля—Луна" в поле притяжения Солнца для модели вязкоупругой Земли определены приливные деформации, обусловленные долгопериодическим лунным возмущением. Проведен анализ динамики движения земного полюса с чандлеровской и годичной частотами с учетом полученных выражений центробежных моментов инерции Земли. С помощью численного интегрирования уравнений движения полюса показано, что найденная структура вариаций центробежных моментов инерции приводит к колебаниям амплитуд чандлеровской и годичной гармоник с 18-летним периодом прецессии орбиты Луны.

25.05-01.316 Регулярные кватернионные уравнения орбитального движения в гравитационном поле земли в KS-переменных и в их модификациях. Понижение размерности, первые интегралы равнений. *Челноков Ю.Н. Механика твердого тела.* 2025, № 1, с. 75-101. Рус.

Рассмотрены регулярные кватернионные дифференциальные уравнения возмущенного орбитального движения космического тела (в частности, космического аппарата, астероида) в гравитационном поле Земли, в которых учитываются зональные, тессеральные и секториальные гармоники поля. Эти уравнения, в отличие от классических уравнений, регулярны (не содержат в своем знаменителе относительного движения спутника и учитывают зональные возмущенного орбитального движения в центральном гравитационном поле Земли. В этих уравнениях основными переменными являются четырехмерные переменные Кустаанхеймо—Штифеля (KS-переменные) или четырехмерные переменные, предложенные автором статьи, в которых уравнения орбитального движения имеют более простую и симметричную структуру в сравнении с уравнениями в KS-переменных. Дополнительными в уравнениях являются энергия орбитального движения и время. Новая независимая переменная связана со временем дифференциальным соотношением, содержащим расстояние от космического тела до центра масс Земли (использовано дифференциальное преобразование времени Зундмана). Предложены регулярные уравнения возмущенного орбитального движения в кватернионных оскулирующих (медленно изменяющихся) переменных. Уравнения удобны для применения методов нелинейной механики и высокоточных численных расчетов, в частности, для прогноза и коррекции орбитального движения. Приведены первые интегралы уравнений орбитального движения, имеющих восьмой порядок; рассмотрены замены переменных и преобразования этих уравнений, которые позволили получить для изучения орбитального движения замкнутые системы дифференциальных уравнений шестого порядка, а также системы дифференциальных уравнений четвертого и третьего

порядков, в том числе систему дифференциальных уравнений третьего порядка относительно расстояния от космического тела до центра масс Земли и синуса геоцентрической широты, а также систему двух интегро-дифференциальных уравнений первого порядка относительно этих двух переменных.

25.05-01.317 Пространственные резонансные вращения трехосного спутника с шаровым демпфером на круговой орбите. Амелькин Н.И. Механика твердого тела. 2025, № 3, с. 3-22. Рус.

Для трехосного спутника с шаровым демпфером исследуются резонансные вращения в центральном гравитационном поле. Получены уравнения вращательного движения спутника на эллиптической орбите. Для случая круговой орбиты с использованием метода осреднения исследованы пространственные резонансные вращения 1:1 и 2:1.

25.05-01.318 Радиационная обстановка на средней круговой орбите во время экстремальной магнитной бури в мае 2024 года. Шелепов М.Д., Иванов В.В., Кочура С.Г., Максимов И.А., Молчанов К.В., Прокопьев В.Ю. Сибирский аэрокосмический журнал. 2025, № 2, с. 291-299. Рус.

Описаны результаты мониторинга радиационной обстановки на средней круговой орбите, полученные по данным экспериментального комплекса контроля дозы (ЭККД) космического аппарата (КА) разработки АО «РЕШЕТНЁВ» с круговой орбитой высотой $H=8070$ км. В статье проводится сравнение экспериментально полученных данных ЭККД с расчетными данными, полученными в ходе летной эксплуатации за два года исследования, а также рассматривается влияние экстремального геомагнитного возмущения в мае 2024 г. на скорость набора поглощенной дозы. Следует отметить, что данная орбита для российских разработчиков КА является малоизученной с точки зрения воздействия факторов космического пространства. Метод проведения эксперимента заключается в создании различных условий массовой защиты для каждого из девяти датчиков. Массовая защита варьируется благодаря установке стальной решетки с различными толщинами ячеек. Таким образом, каждый чувствительный элемент находится в уникальных условиях облучения — массовая защита ослабляет поток ионизирующих излучений и изменяет их спектр (по-разному для каждого вида излучения). При освоении нового типа орбиты для эксплуатации КА, актуальной является задача обеспечения стойкости бортовой аппаратуры и КА в целом к воздействию факторов ионизирующего излучения космического пространства, характерных на данной орбите. Для этого необходимо экспериментальное подтверждение или уточнение на базе полученных натурных данных расчётной радиационной модели воздействия. Основной задачей, которая решается в статье, является проведение мониторинга уровней интегральной накопленной дозы за различными защитами при воздействии ионизирующего излучения космического пространства на орбите 8070 км и сравнение результатов экспериментальных данных с расчётными оценками, проведенными по ОСТ134-1044-2007. В статье отражены результаты проведенных впервые в отечественной практике долговременных измерений поглощенной дозы ионизирующего излучения для КА с такой орбитой. В результате измерений было установлено, что после экстремальной магнитной бури происходит значительное увеличение скорости набора дозы. Это привело к тому, что зарегистрированная за 722 дня доза превышает расчетное значение.

25.05-01.319 Гравитационная фрагментация молекулярных волокон с продольным магнитным полем. Султанов И.М., Хайбрагманов С.А. Научные труды Института астрономии РАН. 2025, 10, № 1, с. 1-9. Рус.

Выполнено трехмерное численное МГД-моделирование гравитационной фрагментации волокнообразных молекулярных облаков с крупномасштабным продольным магнитным полем. Расчеты выполнялись с помощью численного кода FLASH. Рассмотрены волокна типичной длины 2 пк и радиуса 0.1 пк с различными значениями интенсивности магнитного поля. Исследованы два сценария образования фрагментов: неустойчивость малых возмущений поверхности волокон и гравитационная неустойчивость магнитозвуковых волн, распространяющихся

вдоль оси волокна. Расчеты показывают, что гравитационно-связанные ядра образуются в случае, когда длина волны возмущения сравнима с критической или превышает ее. Массы ядер увеличиваются с длиной волны возмущения и составляют от 0.3 до 3 M_{\odot} . Количество ядер лежит в диапазоне от 4 до 13 в зависимости от длины волны начального возмущения. Сразу после образования ядра являются почти сферическими. В процессе дальнейшей эволюции, из-за асимметрии коллапса в цилиндрическом облаке, ядра приобретают вытянутую вдоль оси волокна форму. Независимо от роста возмущений внутри волокна, гравитационная фокусировка на краях волокна приводит к образованию ядер, которые проходят стадию изотермического коллапса быстрее, чем фрагменты внутри волокна. Это означает, что звезды, образующиеся на краях волокна будут старше звезд внутри волокна.

25.05-01.320 Сравнение методов оценки физических параметров молекулярных сгустков по линиям метанола. Фарафонов А.А., Салий С.В., Кирсанова М.С. Научные труды Института астрономии РАН. 2025, 10, № 1, с. 10-17. Рус.

Оценены физические параметры по линиям излучения молекулы CH_3OH в массивных плотных молекулярных ядрах молекулярных облаков по сериям линий 2K—1K и 5K—4K и проведено сравнение ЛТР и не-ЛТР методов. Для оценок в не-ЛТР приближении использовались две независимые программы: RADEX и разработанная в УрФУ программа SPS. Показано, что температура и лучевая концентрация, оцененные в приближении ЛТР, имеют заниженные значения в сравнении с оценками из не-ЛТР методов, последние же удовлетворительно описывают данные наблюдений. Также показано, что доверительные интервалы для температуры велики, более 50 K, в частности, по расчетам RADEX они составляют весь исследуемый диапазон, 100 K. В моделях RADEX, которые наилучшим образом описывают наблюдаемые интенсивности, замечено расхождение между значениями модельных и наблюдаемых интенсивностей. Расхождение между модельными интенсивностями и наблюдаемыми увеличивается на 2—3 порядка величины при возрастании энергий уровней переходов.

25.05-01.321 Структура верхней атмосферы горячего юпитера при различных соотношениях водорода и гелия. Гладышева Ю.Г., Жилкин А.Г. Научные труды Института астрономии РАН. 2025, 10, № 1, с. 18-23. Рус.

Исследуется влияние химического состава на верхнюю атмосферу горячего юпитера. В рамках одномерной астрономической модели, которая учитывает процессы нагрева и охлаждения, приливную силу, диффузию и теплопроводность, варьировалось отношение числа ядер гелия к числу ядер водорода. Расчеты проводились для типичного горячего юпитера HD209458b, имеющего водородно-гелиевый химический состав. Анализ модели показал, что химический состав оказывает влияние на скорости протекания реакций фотоионизации и фотодиссоциации, которые определяют нагрев атмосферы, а также на скорость потери массы атмосферой. Из полученных результатов следует, что химический состав влияет на формирование облачного слоя, вызванное тепловой неустойчивостью в химически реагирующем газе.

25.05-01.322 Служба Солнца KRIM: мониторинг, анализ и интерпретация динамических спектров солнечных радиовсплесков для прогноза солнечно-земных связей. Вольвач А.Е., Якубовская И.В. Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2025, 121, № 1, с. 5-13. Рус.

Солнечные вспышки сопровождаются интенсивным радиоизлучением, влияющим на биосферу и работу систем связи и навигации. Для их мониторинга в Крымской астрофизической обсерватории создан радиоастрономический комплекс, включающий радиотелескопы сантиметрового, дециметрового и метрового диапазонов. В его состав входят РТ-2 (6 и 10 ГГц) и РТ-3 (2.5 и 2.85 ГГц) с параболическими зеркалами до 3 м, оснащенные радиометрами модуляционного типа с полосой 40 МГц и высоким временным разрешением. Комплекс интегрирован во Всемирную службу мониторинга солнечной активности, объединяющую 14 наземных станций и орбитальные об-

серватории. Радиотелескопы Службы Солнца KRM работают в автоматическом режиме, передавая данные в реальном времени для мониторинга и системы раннего оповещения. Радиоспектрограф CALLISTO с антенной решеткой из 116 диполей (250–350 МГц) фиксирует динамические спектры солнечного радиоизлучения. Анализ наблюдений и численного моделирования показал, что фиброподобные структуры с промежуточным частотным дрейфом и широкополосные пульсации обусловлены многолучевым распространением радиоволн в турбулентной солнечной короне. Их временные и частотные характеристики объясняются интерференцией волн в неоднородной плазме. Сходство вычисленных и наблюдаемых импульсов подтверждает правдоподобность модели. Кроме того, выявлено, что “точные источники” дециметрового диапазона также соответствуют этой интерпретации. Применяемая техническая инфраструктура и методы анализа обеспечивают высокую точность мониторинга солнечной активности, а интеграция с международными станциями повышает качество диагностики и прогнозирования геофизических последствий солнечных вспышек. Ключевые слова: солнечное радиоизлучение, динамический спектр, интерференция.

25.05-01.323 **Общий подход к обработке многоцветной фотометрии звезд.** Гранкин К.Н. *Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2025. 121, № 1, с. 14-31. Рус.

Обсужден общий подход к обработке многоцветной фотометрии звезд в широкополосной системе UBVR. Приведены основные формулы для вычисления звездных величин и показателей цвета исследуемых объектов, учета атмосферной экстинкции и определения коэффициентов редукации к стандартной фотометрической системе. Обсуждены свойства процедур и функций, реализованных в пакете программ НММ. Подробно описан дифференциальный метод вычисления блеска и показателей цвета исследуемого объекта в стандартной фотометрической системе UBVR. Отмечено, что пакет программ НММ позволяет обрабатывать различные типы фотометрических данных: (1) мониторинговые наблюдения одного объекта, (2) наблюдения нескольких объектов, расположенных в компактной области неба, (3) продолжительные наблюдения нескольких объектов, находящихся в различных участках неба, (4) специальные наблюдения с целью создания фундаментального фотометрического каталога.

25.05-01.324 **Асимметрия отрицательной ветви поляризации и ее зависимость от альбедо для 44 астероидов главного пояса.** Петров Д.В., Жужулина Е.А. *Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2025. 121, № 2, с. 5-20. Рус.

Степень линейной поляризации света, рассеянного астероидами, сильно зависит от состава и структуры поверхности. Известны эмпирические соотношения между поляризметрическим наклоном и степенью линейной поляризации света, а также между альбедо и величиной минимума степени линейной поляризации. Поляризметрические наблюдения астероидов главного пояса, проводившиеся в Крымской астрофизической обсерватории в 2021–2024 гг., позволили установить еще одну фундаментальную особенность: форма отрицательной ветви степени линейной поляризации оказалась зависящей от альбедо. На основании данных наблюдений для 44 астероидов были построены уточненные фазовые зависимости степени линейной поляризации. Было показано, что основным фактором, влияющим на степень симметрии отрицательной ветви степени линейной поляризации, является альбедо астероида. Компьютерное моделирование при помощи матриц формы позволило объяснить этот эффект, демонстрируя зависимость степени асимметрии отрицательной ветви поляризации от мнимой части показателя преломления частиц реголита, покрывающих поверхность астероида. Предложена дополнительная калибровка альбедо астероидов по степени асимметрии отрицательной ветви поляризации на малых фазовых углах, которая может быть использована в качестве дополнения для существующих калибровок альбедо астероидов главного пояса.

25.05-01.325 **Пульсации Солнца: сопоставление данных Бирмингема и Крыма.** Котов В.А. *Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2025. 121, № 2, с. 21-25.

Рус.

Согласно измерениям лучевой скорости фотосферы Солнца, выполненным в Крыму и Стэнфорде в 1974–1982 гг., Солнце тогда пульсировало с периодом $P_0=9600.6$ с. Однако по данным Бирмингемского университета, эти пульсации не обнаруживались в 1980–1985 гг.: в спектре мощности лучевой скорости Солнца присутствовал только “земной” артефакт — девятая точечная гармоника 9600.0 с. Нами показано, что в те годы и в данных КраО в среднем отсутствовал сигнал P_0 , что объясняется переменностью амплитуды колебания. Явление похоже на пульсации звезд типа δ Sct: у некоторых из них периодичность также наступает спорадически, иногда полностью исчезая. Природа P_0 -пульсаций Солнца, как и малоамплитудной звезды типа δ Sct, неизвестна.

25.05-01.326 **Реализация метода Никонова в пакете программ НММ.** Гранкин К.Н. *Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2025. 121, № 2, с. 26-38. Рус.

Приводится краткое обсуждение основных идей метода Никонова (метода контрольных звезд), позволяющего регистрировать изменения атмосферной экстинкции в течение наблюдательной ночи. Подробно описана реализация этого метода в пакете программ НММ (Heterochromatic Magnitude Method), который предназначен для обработки различных типов фотометрических наблюдений. Рассмотрен конкретный пример применения этого метода к реальным наблюдениям.

25.05-01.327 **Генерация и динамика магнитного поля Холла при суб-альвенском разлете плазмы в кинетическом режиме.** Дивин А.В., Чибранов А.А., Парамоник И.П., Захаров Ю.П., Березуцкий А.Г., Посух В.Г., Руменских М.С., Кропотина Ю.А., Шайхисламов И.Ф. *Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 223-238. Рус.

Представлено комплексное исследование эффекта Холла при разлете сферического плазменного облака в среду с однородным внешним магнитным полем. Результаты были получены в лабораторном эксперименте на плазменном комплексе КИ-1 и трехмерном численном моделировании методом “частица в ячейке”. Полученные данные хорошо качественно и количественно согласуются и демонстрируют, что при разлете плазменного облака в режиме, когда Ларморовский радиус ионов R_L сравним с масштабами диамагнитной каверны R_b формируется крупномасштабная антисимметричная структура магнитных полей, вызванная Холловскими эффектами. При этом наблюдаются Холловские магнитные структуры, как внутренняя, так и внешняя. В работе демонстрируется связь Холловских эффектов с коллапсом диамагнитной каверны, протекающим как внос магнитного поля Холловскими токами электронов с аномально высокой скоростью.

25.05-01.328 **Радиационно-защитные свойства полимерного композитного материала в каюте МКС по данным термолюминесцентных и твердотельных трековых детекторов.** Толочек Р.В., Павленко В.И., Черкашина Н.И., Иванова О.А., Карташов Д.А., Кариев И.С., Шуршаков В.А. *Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 239-248. Рус.

Представлены данные измерений, полученные в космическом эксперименте “Защитный композит”. Эксперимент проводился с использованием термолюминесцентных и твердотельных трековых детекторов и контейнера цилиндрической формы из композитного защитного материала на основе фторопласта (толщиной 1 см, плотностью 4.05 г/см³), установленного в левой каюте Служебного модуля Международной космической станции. Данные измерений получены для периода с 21 февраля по 19 сентября 2022 г., приходящегося на фазу роста цикла солнечной активности. Защитный эффект композитного материала определялся как отношение доз, полученных снаружи и внутри контейнера, и составил 1.33 ± 0.08 по поглощенной дозе и 1.29 ± 0.07 — по эквивалентной. Этот эффект обусловлен в основном уменьшением вклада в дозу от радиационных поясов Земли, что соответствует результатам расчетов, проведенных методом трассировки лучей для мест расположения детекторов.

25.05-01.329 **Начало 25-го цикла солнечной активно-**

сти в вариациях плотности иона кислорода на орбите космического аппарата "Метеор". *Тертышников А.В. Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 249-258. Рус.

На основании архива измерений, выполненных радиочастотными масс-спектрометрами на космических аппаратах "Метеор" в верхней атмосфере в конце 24-го и в начале 25-го цикла солнечной активности, приведены оценки параметров статистической модели концентрации иона кислорода (O^+) над полярными шапками и экваториальным поясом Земли. Отмечены признаки смены "11-летнего" цикла солнечной активности по данным измерений O^+ , а также вариации, которые могут быть использованы для мониторинга газового состава верхней атмосферы.

25.05-01.330 Влияние условий скачка в сопряженных переменных при многовитковых перелетах космического аппарата с выключением малой тяги в области тени. *Азметшин Р. Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 259-274. Рус.

В центральном ньютоновском поле Земли рассматриваются перелеты на геостационарную орбиту в предположении, что постоянная по величине малая тяга выключается при попадании космического аппарата с солнечными батареями в тень. С помощью принципа максимума Л.С. Понтрягина формируется двухточечная краевая задача и исследуется влияние на ее решения условий скачка в сопряженных переменных в моменты выключения и включения тяги при оптимальном пересечении границ тени. Приведены расчеты перелетов с начальной орбиты с наклоном 13° и высотой перигея 9.2 тыс. км и апогея 76.8 тыс. км космического аппарата с начальной массой 5550 кг и тягой 0.55 Н (соответствующее ускорение 0.1 мм/с²). Показано, что если угловое расстояние перигея начальной орбиты от узла составляет 0° , а долгота восходящего узла $\Omega_0 = 180^\circ$, то различия между двумя решениями — без учета условий скачка и с учетом его — не превышают по затратам рабочего вещества 0.15% от номинальных (без выключения тяги) затрат, а при некоторых значениях начального времени будут менее 0.01%. Но для других значений Ω_0 разница может превышать 30%. Также было обнаружено, что краевая задача может иметь несколько решений, различающихся тем, какие витки траекторий пересекают область тени.

25.05-01.331 Виртуальные гравитационные маневры при баллистическом проектировании межпланетных перелетов. *Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Тучин А.Г. Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 275-284. Рус.

Показано, что продолжение решения задачи межпланетного старта космического аппарата с точки низкой орбиты планеты отправления в обратном времени порождает траекторию, структурно совпадающую с траекторией космического аппарата, получающейся при выполнении виртуального гравитационного маневра около планеты отправления. Перицентры вспомогательного пучка пролетных гипербол и время их прохождения при этом незначительно отличаются от соответствующих параметров проектной отдельной орбиты при старте с указанной точки. Тем самым поиск траектории межпланетного перелета может быть отделен от необходимости учета краевых условий старта с промежуточной низкой предстартовой орбиты. Предстартовая орбита уточняется затем по результатам поиска траектории межпланетного перелета. Представлена структурно единообразная схема баллистического проектирования траекторий полета космического аппарата с применением многократных гравитационных маневров на основе учета эфемерид планет.

25.05-01.332 Простая схема управления в задаче перелета космического аппарата на целевую орбиту со сбросом отделяемых частей средств выведения в атмосферу Земли. *Проскуряков А.И. Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 285-293. Рус.

Рассматривается идея сокращения замусоренности околоземного пространства за счет сброса отработавшего дополнительного топливного бака и центрального блока разгонного блока в атмосферу Земли. Решается задача оптимизации траектории перелета космического аппарата с опорной круговой орбиты искусственного спутника Земли на целевую эллиптическую орби-

ту. Выведение осуществляется с помощью разгонного блока с двигательной установкой большой ограниченной тяги и дополнительным топливным баком. При решении задачи учитывается вторая зональная гармоника гравитационного поля Земли. Рассматривается упрощенная модель управления космическим аппаратом: направление вектора тяги на каждом из активных участков определяется двумя углами, зависящими от времени линейно.

25.05-01.333 Использование грависферного эффекта при перелетах между землей и высокой окололунной орбитой. *Муртазин Р.Ф., Заборский С.А., Белая Е.К., Супрунов Ю.В. Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 294-306. Рус.

Рассмотрен вариант лунной транспортной системы с использованием орбитальной станции, размещаемой на устойчивой высокой окололунной орбите. Незначительные, с точки зрения планетарных масштабов, размеры грависферы Луны позволяют по-новому рассмотреть проблему проведения окололунных маневров. Показано что, рациональное использование гравитационного возмущения от Земли при полете в пограничной окрестности грависферы Луны, позволяет снизить затраты по доставке космического аппарата от Земли на высокую окололунную орбиту, на которой предлагается размещение лунной орбитальной станции. С учетом природы этого явления, такой подход назван в настоящей работе "грависферным" эффектом, особенно хорошо проявляющимся при полетах на высокую окололунную орбиту. В работе приведено полученное авторами математическое описание грависферного эффекта и примеры его использования при перелетах между Землей и высокой лунной орбитой.

25.05-01.334 Томографические методы исследования верхней атмосферы и околоземного космического пространства: современное состояние и перспективы развития. *Падохин А.М., Чернышов А.А., Андреева Е.С., Назаренко М.О., Андреевский С.Е., Могилевский М.М. Космические исследования.* 2025. 63, № 3, с. 322-346. Рус.

В обзоре рассматриваются физические и математические постановки задачи томографии в приложении к дистанционному зондированию атмосферы и околоземного космического пространства. Особое внимание уделено зондированию ионосферы с использованием сигналов спутниковых радиомаяков на низких (Папус/Transit/Cassiope и др.), средних и высоких (GPS/ГЛОНАСС и новые глобальные спутниковые навигационные системы) орбитах. Обсуждаются возможности и ограничения методов 2D низкоорбитальной и 4D высокоорбитальной радиотомографии ионосферы и приводятся результаты радиотомографических реконструкций распределения электронной концентрации в различных широтах в условиях естественной и искусственной возмущенности. Отдельно рассматривается задача исследования мелкомасштабных ионосферных неоднородностей по данным о мерцаниях амплитуды спутниковых сигналов, обсуждаются проблемы реализации таких схем зондирования в высоких широтах с использованием сигналов GPS/ГЛОНАСС. Также обсуждаются перспективы томографических систем зондирования верхней атмосферы с учетом сильно сократившейся группировки низкоорбитальных спутников, возможности установки спутниковых радиомаяков на новые платформы (CubeSat), а также использование методов радиотомографии в задачах УФ-томографии верхней атмосферы. Представлены первые результаты, полученные с использованием двухчастотного передатчика когерентных сигналов 150/400 МГц МАЯК на спутниках "Ионосфера-М" российского проекта "Ионозонд".

25.05-01.335 Колонка редактора. *Богачёв С.А. Земля и Вселенная.* 2024, № 6, с. 3-5. Рус.

Дорогие читатели, коллеги, друзья! К нашему большому сожалению, выход журнала задержался, так что вы получаете этот завершающий номер 2024 года уже в 2025 году. Я приношу свои извинения за задержку и также хочу предупредить читателей о том, что в 2025 году первый номер журнала будет сдвоенным (№ 1 и 2) и выйдет весной 2025.

25.05-01.336 Экстремальные солнечные и геомаг-

нитные события в мае 2024 года. *Минлигареев В.Т., Богачёв С.А. Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 6-17. Рус.*

25.05-01.337 Солнечные вспышки, произошедшие в мае 2024 года: был ли возможен прогноз? *Зимовец И.В., Шарыгин И.Н. Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 18-37. Рус.*

25.05-01.338 Обзор сообщений о последствиях солнечных и геомагнитных событий в мае 2024 года. *Курченко А.С. Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 38-44. Рус.*

25.05-01.339 Бывают ли на Солнце супервспышки? *Богачёв С.А. Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 45-55. Рус.*

25.05-01.340 О солнечном цикле замолвите слово. *Лобода И.П. Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 56-71. Рус.*

Солнце — это не только источник всего живого на нашей планете, но и обладающее собственной таинственной, подчас весьма бурной внутренней жизнью небесное тело. Его магнитное сердце бьется то сильнее, то слабее, делая в среднем один удар за десятилетие — педантичные ученые называют этот пульс 11-летним циклом активности Солнца. Какова природа и внешние проявления солнечного цикла, как сильно он влияет на нашу повседневную жизнь и есть ли способ предугадать следующий удар — в этом мы сейчас и попробуем разобраться.

25.05-01.341 Солнце и человек: сохраняются ли старые связи в XXI веке? *Зенченко Т.А. Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 72-91. Рус.*

25.05-01.342 Солнце и климат в задачах и ответах. *Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 92-97. Рус.*

25.05-01.343 «Джеймс Уэбб» обнаружил самую маленькую блуждающую планету. *Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 98-100. Рус.*

25.05-01.344 Вулканизм на Луне стал моложе. *Говорова А.Ф. Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 100-102. Рус.*

25.05-01.345 О необходимости развертывания астрономических наблюдений на станции «Восток» в Антарктиде. *Гребенев С.А. Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 103-121. Рус.*

Антарктида, без преувеличения, лучшее место на Земле для проведения астрономических наблюдений и измерений. Такие исследования уже активно ведутся на станциях «Амундсен-Скотт», «Куиндуль», «Конкордия». В январе 2024 г. на российской станции «Восток» был введен в эксплуатацию новый зимовочный комплекс. О начале очередного этапа работы станции объявил лично Президент РФ В.В. Путин. Сейчас самое время для того, чтобы установить на станции «Восток» профессиональные астрономические телескопы и инструменты и начать наблюдения.

25.05-01.346 Указатель статей и заметок, опубликованных в 2024 году. *Земля и Вселенная. 2024, № 6, с. 122-124. Рус.*

25.05-01.347 Институт космических исследований Российской Академии Наук: 60 лет по дороге открытий. *Зеленый Л.М. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 3-11. Рус.*

25.05-01.348 Исследования Марса: вчера, сегодня и завтра. *Митрофанов И.Г. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 12-32. Рус.*

Обсуждаются история и перспективы космических исследований Марса в увязке с решением одной из главных проблем естествознания — вопроса происхождения жизни.

25.05-01.349 Таинственный Марс: атмосфера как зеркало возможной жизни. *Кораблев О.И. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 33-41. Рус.*

Если на планете есть жизнь, она обязательно оставит след. Причем этот след не обязательно искать на поверхности или в древних породах — достаточно заглянуть в атмосферу. Этот подход впервые был четко сформулирован в 1960-х гг. известными учеными Д. Хичкоком и Дж. Лавлоком, предложившими анализировать состав атмосферы в поисках жизни: “Knowledge of the composition of the Martian atmosphere may similarly reveal the presence of life there” («Знание состава марсианской атмо-

сферы может в то же время открыть присутствие там жизни»). Идея оказалась удивительно плодотворной. На Земле биологические процессы радикально изменили атмосферу: в атмосфере около 3,5 млрд лет назад появился кислород (O₂), получающийся из углекислого газа (CO₂) и воды в процессе фотосинтеза. Содержание кислорода достигло примерно 21% около 200 млн лет назад и с тех пор почти не меняется. Кроме того, в атмосфере Земли присутствует еще и метан (CH₄) — неравновесная окислительно-восстановительная пара O₂-CH₄ считается образцовым биомаркером. Время жизни метана в атмосфере Земли около 10 лет, и его содержание поддерживается в основном процессами анаэробного сбраживания. Энергию, необходимую для поддержания дисбаланса O₂-CH₄, в конечном итоге извлекают из солнечного света морские микроорганизмы. Замечательно, что тот же принцип можно применять не только для исследований планет Солнечной системы, но и экзопланет. Крайне слабые спектральные особенности атмосферы планеты можно заметить в спектре ее звезды во время транзита, т. е. прохождения планеты между звездой и наблюдателем на Земле. И если «подозрительного», т. е. неравновесного, несвойственного основному составу атмосферы газа достаточно, лучшие телескопы могут его засечь.

25.05-01.350 Точки либрации, или как управлять искусственным спутником Солнца вблизи Земли. *Пупков М.В., Эйсмонт Н.А. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 42-54. Рус.*

25.05-01.351 На пути к межзвездному пространству: полет к транснептуновым телам. *Зубко В.А., Эйсмонт Н.А., Суханов А.А., Федяев К.С., Беляев А.А. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 55-64. Рус.*

25.05-01.352 Вручение первых медалей им. В.И. Мороза Федерации космонавтики России. *Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 65. Рус.*

В октябре 2024 г. во время 15 международного Московского симпозиума по исследованиям Солнечной системы состоялось торжественное вручение первых медалей им. В.И. Мороза Федерации космонавтики России.

25.05-01.353 Система «ВЕГА-Science»: возможности работы с данными спутниковых наблюдений Земли для решения научных и прикладных задач. *Лушьян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Толпин В.А. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 66-85. Рус.*

Статья посвящена системе «ВЕГА-Science», предназначенной для работы с данными сверхбольших распределенных архивов центра коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных Института космических исследований Российской академии наук (ЦКП «ИКИ-Мониторинг», <http://ckp.geosmis.ru/>). Система была создана в 2012 г., в настоящее время ее пользователями являются более 150 различных научных и образовательных организаций. С ее использованием выполнено и ведется более 100 различных российских и международных проектов, по результатам которых уже вышло более 900 публикаций. В статье рассматривается сама система, основные технологии, разработанные в ИКИ РАН и лежащие в ее основе, а также приводятся примеры задач и направлений исследований, для которых система применяется.

25.05-01.354 Роль Земли в исследовании Вселенной. *Назаров В.Н. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 86-103. Рус.*

25.05-01.355 Изучение космического пространства: с 1930-х гг. и до образования института космических исследований. *Шубин П.С. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 104-124. Рус.*

25.05-01.356 День рождения журнала «Земля и Вселенная». *Говорова А.Ф. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 125-129. Рус.*

Шестьдесят лет назад, в январе 1965 г. в старейшем издательстве «Наука» вышел первый номер научно-популярного журнала «Земля и Вселенная» — издания Президиума Академии наук СССР и Всесоюзного астрономо-геодезического общества.

25.05-01.357 Тернистый путь С.П. Королёва в освоении космоса: успехи и неудачи. *Ведешин Л.А., Герасютин С.А. Земля и Вселенная. 2025, № 1-2, с. 130-142. Рус.*

25.05-01.358 Колонка главного редактора. *Соломина О.Н. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 3-4. Рус.

Дорогие читатели, коллеги, друзья! С удовольствием представляю приглашенного редактора пятого номера «ЗиВ» 2024 года, который уже традиционно посвящен «земным вопросам», — члена-корреспондента РАН Ольгу Николаевну Соломину. Постоянные читатели «Земли и Вселенной» помнят ее вступительные статьи, которые предваряли «земные номера» 2021 и 2023 годов. Главный редактор журнала «Земля и Вселенная» академик Лев Матвеевич Зелёный.

25.05-01.359 Достижение нейтрального баланса деградации земель — путь преодоления тихого кризиса планеты. *Куст Г.С., Андреева О.В., Лобковский В.А. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 5-17. Рус.

Нейтральный баланс деградации земель (НБДЗ) — это такое состояние, когда количество здоровых и продуктивных земельных ресурсов, необходимое для поддержания жизненно важных экосистемных услуг и укрепления продовольственной безопасности, остается стабильным или увеличивается в определенных масштабах времени и пространства (определение, утвержденное в 2015 году на 15 конференции сторон Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО ООН)). Земля означает земную биопродуктивную систему, включающую в себя почву, воду, растительность, прочую биомассу, а также экологические и гидрологические процессы, происходящие внутри системы (из статьи 1 КБО ООН).

25.05-01.360 Что было и что будет с ледником Алибек? *Бушуева И.С. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 18-21. Рус.

25.05-01.361 Четвертая всероссийская викторина ОФН. Задачи. Окончание. *Голованова А.В., Магарян К.А., Иноземцева А.В., Наумов А.В. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 22-25. Рус.

25.05-01.362 Леонид Ксанфомалити: иду на грозу. *Коростелев С.Г. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 26-59. Рус.

Один из лидеров войны за независимость США Бенджамин Франклин был не только выдающимся политическим деятелем, но и весьма талантливым ученым. В частности, он прославился опытами с использованием воздушного змея в грозу, в результате которых ему удалось доказать тождественность «обычного» электричества и молний. В детстве об опытах Франклина Леониду Васильевичу Ксанфомалити (1932—2019) красочно рассказывал его дедушка Николай Михайлов. Спустя 40 лет Ксанфомалити, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией фотометрии и инфракрасной радиометрии Института космических исследований (ИКИ) АН СССР, поставил эксперимент по обнаружению электрической активности атмосферы Венеры — «Гроза». До 21 декабря 1978 г. мы доподлинно знали о существовании молний только на одной планете — Земля.

25.05-01.363 Вклад Т.М. Энеева в планетную космогонию. *Ипатов С.И. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 60-66. Рус.

25.05-01.364 Незаметная рысь. *Соломонов Ю.В., Герасютин С.А. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 67-75. Рус.

25.05-01.365 Синие вспышки красных карликов. *Ощепков М.Ю. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 76-85. Рус.

25.05-01.366 Еуропа Clipper стартовал к системе Юпитера. *Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 86-87. Рус.

25.05-01.367 На Марсе нашли воду под поверхностью. *Говорова А.Ф. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 88-89. Рус.

25.05-01.368 Русский космизм в музыке: «Былина о Святогоре». *Марусев А.С., Гачева А.Г., Дунаева А.Ю. Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 90-92. Рус.

25.05-01.369 Четвертая всероссийская викторина ОФН. Ответы. Окончание. *Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 93-109. Рус.

25.05-01.370 Резолюция Третьей международной конференции «Дорога в космос». *Земля и Вселенная*. 2024, № 5, с. 110-114. Рус.

25.05-01.371 Разработка концепции интеллектуальных мобильных платформ для международной научной лунной станции. *Маленков М.И., Волов В.А., Базилювский А.Т., Богачёв А.Н., Иванов М.А., Гусева Н.К., Лазарев Е.А. Астрономический вестник*. 2025. 59, № 1, с. 3-26. Рус.

Анализируются и развиваются отечественные инженерные разработки концепций создания лунных баз и транспортных средств для их строительства и функционирования. Предложена концепция интеллектуальных мобильных платформ (ИМП), представляющих собой унифицированные самоходные шасси с автоматическими стыковочно-сцепными устройствами (АС-СУ) и подсистемами локальной навигации. На самоходное шасси ИМП устанавливается различное навесное оборудование, определяющее назначение и технологические характеристики транспортного средства (ТС). Такие ТС могут использоваться как самостоятельные луноходы с гибридным управлением, так и в качестве звеньев многофункционального лунного поезда, предназначенного для специальных операций, включая дальние экспедиции на сотни километров. На основе опубликованных NASA изображений Lunar Reconnaissance Orbiter Camera проложен возможный маршрут экспедиции от места размещения Международной научной лунной станции (МНЛС) в районе массива Малаперт на обратную сторону Луны, учитывающий уровень освещенности и углы подъема местности на всей трассе движения. Цель экспедиции — проведение научных исследований по трассе движения, доставка аппаратуры и развертывание автоматического филиала МНЛС — лунной обсерватории на обратной стороне Луны в тени от радиопомех Земли. На основе расчетно-теоретических исследований и проектно-компоновочных разработок выполнен аванпроект, включающий технический облик ИМП и ее основные тактико-технические характеристики.

25.05-01.372 Новый морфологический каталог кратеров Меркурия. *Феоктистова Е.А., Родионова Ж.Ф., Майкл Г.Г., Завьялов И.Ю., Козлова Н.А. Астрономический вестник*. 2025. 59, № 1, с. 27-38. Рус.

Новый Морфологический каталог кратеров Меркурия был создан в ГАИШ МГУ совместно с МИИГАиК по данным КА MESSENGER. Этот каталог включает информацию о координатах, диаметрах и морфологии 12365 кратеров с диаметрами ≥ 10 км. Для создания каталога использовались данные Каталога кратеров Меркурия, подготовленного в Университете Брауна (США) и глобальная мозаика изображений поверхности Меркурия по данным КА MESSENGER. Анализ нового Морфологического каталога показал, что большинство кратеров Меркурия диаметром ≥ 10 км имеют слаженный или частично разрушенный гребень вала и плоское дно. В статье приведено подробное описание морфологических признаков кратеров Меркурия. Указано процентное отношение количества кратеров с теми или иными признаками на Меркурии и Луне. Оказалось, что хорошо сохранившихся кратеров на Луне значительно больше, чем на Меркурии. Большинство кратеров Меркурия имеют террасы и обрушения на внутренних склонах (65%, в отличие от 7% лунных кратеров). Подробно представлено соотношение кратеров разной степени сохранности вала, кратеров с террасами и обрушениями в зависимости от диаметров.

25.05-01.373 Астрометрические и фотометрические исследования потенциально опасного астероида (138971) 2001 СВ21. *Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Львов В.Н., Цекмейстер С.Д., Петрова С.Н., Мартышова А.А., Наумов К.Н. Астрономический вестник*. 2025. 59, № 1, с. 39-44. Рус.

В 2022 г. на телескопе ГАО РАН были получены астрометрические и фотометрические ряды наблюдений потенциально опасного астероида (138971) 2001 СВ21 во время его сближения с Землей. На основе полученных данных и данных с сайта MPC была улучшена орбита астероида, исследованы обстоятельства сближений с Землей и Венерой и сделана оценка влияния негравитационных эффектов на его движение. По фотометрическим наблюдениям астероида была построена кривая блеска и подтвержден период его осевого вращения: $P=3.305\pm 0.002$ ч.

25.05-01.374 Поиск новых членов молодых семейств

астероидов. *Кузнецов Э.Д., Васильева М.А., Перминов А.С., Сафронова В.С. Астрономический вестник.* 2025. 59, № 1, с. 45-56. Рус.

Поиск новых членов молодых семейств астероидов представляет интерес для изучения истории формирования этих семейств. В работе рассмотрены 17 молодых семейств. Для молодых семейств характерна сильная кластеризация как собственных, так и оскулирующих элементов орбит. При поиске кандидатов в новые члены молодых семейств анализировались оскулирующие элементы орбит. Оценивались метрики Холшевникова, анализировалось поведение узлов и перигетров, выполнялся поиск низкоскоростных сближений. Для всех отобранных кандидатов с помощью пакета программ OrbFit рассчитывались синтетические собственные элементы орбит, на основе которых делался вывод о принадлежности астероида семейству. В результате найдены новые члены для восьми молодых семейств астероидов.

25.05-01.375 Об оценке возмущений во вращательной динамике малых астероидов при сближении с Землей. *Лобанова К.С., Мельников А.В. Астрономический вестник.* 2025. 59, № 1, с. 57-72. Рус.

Путем численных экспериментов изучено влияние скорости собственного вращения, ориентации оси вращения и параметров фигуры астероида на величину возмущений в его вращательной динамике, возникающих при тесном сближении с Землей. Рассмотрена динамика трех астероидов: (99942) Апофис, (367943) Дуэнде и 2012 TC4. Установлено, что для астероидов с относительно медленным вращением (период $P > 5$ ч) характерны существенные возмущения: в случае Апофиса ($P \approx 30$ ч) при сближении с Землей в 2029 г. изменения периода вращения могут достигать десятков часов, а отклонения в ориентации оси вращения — десятки градусов. В случае Дуэнде ($P \approx 8$ ч) при сближении с Землей в 2013 г. изменение P не превышало нескольких часов, отклонения в ориентации оси вращения могли составить десятки градусов. Для астероидов с быстрым вращением ($P < 1$ ч) возмущения пренебрежимо малы: в случае астероида 2012 TC4 ($P \approx 12$ мин.) при его сближении с Землей в 2017 г. изменения P не превышали 10^{-5} мин., отклонения оси вращения составляли менее 0.01° . Показано, что для астероидов с медленным вращением погрешности в определении параметров фигуры астероида могут приводить к заметным неточностям в оценке величин возмущений. Напротив, неопределенность знания фигуры астероида с быстрым вращением не влияет на оценку возмущений в его вращательной динамике. В случае Апофиса, возмущения во вращательном движении в ходе предстоящего в 2029 г. сближения с Землей могут привести к уменьшению величины параметра A_2 , характеризующего эффект Ярковского, до $-2.4 \cdot 10^{-14}$ а. е./сут.² или к увеличению до $-3.2 \cdot 10^{-14}$ а. е./сут.². Возмущения во вращательной динамике Дуэнде при сближении с Землей в 2013 г. и астероида 2012 TC4 при сближении с Землей в 2017 г. не оказали заметного влияния на их значения A_2 .

25.05-01.376 Точность методов оценки возраста пар транснептуновых объектов на близких орбитах. *Гусев В.Д., Кузнецов Э.Д. Астрономический вестник.* 2025. 59, № 1, с. 73-87. Рус.

Исследованы методы оценки возраста пар транснептуновых объектов: анализ сходжений линий узлов и линий апсид, анализ минимумов метрики Холшевникова. Было выполнено моделирование вероятностной эволюции модельных пар транснептуновых объектов возрастом 1 млн лет и 10 млн лет. Получены ошибки определения возраста пар при различной точности определения орбит. Около 10% транснептуновых объектов имеют достаточную точность орбит для оценки возраста пар на интервалах 2 и 15 млн лет. Ошибка определения возраста может достигать 0.7 млн лет на интервале 2 млн лет и 4.5 млн лет на интервале 15 млн лет. Для примерно 50% транснептуновых объектов, орбиты которых определены с типичной точностью, при возрасте пар 10 млн лет ошибка оценки возраста может быть сравнимой с определяемой величиной. Применение методов к оставшейся доле транснептуновых объектов, орбиты которых определены с низкой точностью, может дать ненадежные результаты, а ошибка превышать определяемую величину.

25.05-01.377 Вековые резонансы в зонах действия тессеральных резонансов 1:5—1:11 и особенности орбитальной эволюции объектов, населяющих эти зоны. *Блинкова Е.В., Томилова И.В., Александрова А.Г., Бордовичкина Т.В., Кучерявченко Н.А. Астрономический вестник.* 2025. 59, № 1, с. 88-104. Рус.

Представлены данные о распределении вековых резонансов в областях действия тессеральных (орбитальных) резонансов 1:5, 1:7, 1:9, 1:10 и 1:11 со скоростью вращения Земли, а также анализ динамики объектов, движущихся в исследуемых областях. Показано, что вековые резонансы весьма плотно покрывают рассматриваемые области, что в совокупности с орбитальными резонансами может приводить к хаотизации движения объектов. На примере орбитальной эволюции объектов каталога NORAD, движущихся в исследуемой области, рассмотрен вопрос о возможности размещения новых спутниковых систем и утилизации отработавших объектов в данной области.

25.05-01.378 Климатические катастрофы на заре человечества и их отдаленные последствия. *Аванесов Г.А., Жуков В.С., Михайлов М.В., Шерстюков Б.Г. Астрономический вестник.* 2025. 59, № 2, с. 107-132. Рус.

С помощью астрономической модели инсоляции зон полярного дня и полярной ночи Земли оценено влияние космических факторов на ледовую обстановку в них. Показано, что повышение температуры в Северном полушарии началось около 20 тыс. лет назад из-за происшедших в то время вулканических событий, а также в связи с наличием профицита солнечной энергии в этой области планеты, обусловленного параметрами орбиты Земли: наклоном оси вращения, эксцентриситетом и углом прецессии. Профицит тепловой энергии в Северном полушарии сохраняется с тех пор до нашего времени и продолжится еще на протяжении не менее трех тысяч лет, после чего начнется следующий период оледенения. Аналогичные данные приведены для Южного полушария.

25.05-01.379 Эволюционная история атмосферы молодого мини-нептуна HD 207496b. *Евдокимов Р.А., Шематович В.И. Астрономический вестник.* 2025. 59, № 2, с. 137-147. Рус.

Рассмотрены результаты моделирования процесса убегания первичной атмосферы под воздействием теплового потока от ядра для экзопланеты HD 207496b. Показано, что данный механизм потери газовой оболочки недостаточно эффективен в силу сравнительно невысокой равновесной температуры экзопланеты, а также из-за относительно большой массы. Ранее для HD 207496b была показана высокая эффективность фотоиспарения водородно-гелиевой атмосферы под воздействием жесткого УФ-излучения (Ваггов и др., 2023). Было продемонстрировано, что если HD 207496b обладает скалистым ядром без водной мантии, окруженным оболочкой первичного состава, то масса атмосферы должна составлять около 0.5% массы экзопланеты, и оболочка будет полностью утрачена через ≈ 500 млн лет. В этом случае начальная массовая доля первичной атмосферы для HD 207496b должна была составлять порядка 2.2% (возраст экзопланеты — около 520 млн лет). Однако механизм убегания под воздействием теплового потока от ядра не может в данном случае привести к заметной потере атмосферы. Вместе с тем полученный результат сильно зависит от равновесной температуры и массы экзопланеты. Соответственно, HD 207496b может быть достаточно близка к границе, когда влияние теплового потока от ядра на эволюцию газовой оболочки становится существенным, а полученный результат — модельно зависимым. В этой связи целесообразно в дальнейших исследованиях учесть ряд дополнительных факторов: возможность наличия водной мантии, тепловой поток радиогенной природы, а также приливные эффекты.

25.05-01.380 Методика проверки спектральной чувствительности оптических трактов космической научной аппаратуры “Солнце-Терагерц” в диапазоне частот 0.4—20 ТГц. *Филиппов М.В., Махмутов В.С., Разумейко М.В., Кротов Г.И., Николаев В.А. Астрономический вестник.* 2025. 59, № 2, с. 148-155. Рус.

В работе приведено описание космического эксперимента

“Солнце-Терагерц”, запланированного на 2025—2027 гг. на борту российского сегмента Международной космической станции. Цели эксперимента — получение данных о терагерцевом излучении Солнца, а также изучение солнечных активных областей и солнечных вспышек. Научная аппаратура “Солнце-Терагерц” состоит из восьми детектирующих каналов, которые чувствительны к излучению различной частоты в диапазоне 0.4—12.0 ТГц. Цель данной работы: проверка соответствия фактических спектральных характеристик научной аппаратуры расчетным в рабочем диапазоне частот 0.4—20 ТГц при помощи вспомогательной аппаратуры и разработанной методики.

25.05-01.381 Пулковские наблюдения больших планет, их спутников и Плутона. Питьева Е.В., Павлов Д.А. *Астрономический вестник*. 2025. 59, № 2, с. 156-163. Рус.

Приведены результаты обработки позиционных наблюдений Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна и их спутников, а также Плутона, выполненных в Пулковской обсерватории, а также в Горной астрономической станции ГАО РАН (ГАС ГАО) и в Абастуманской астрофизической обсерватории с начала XX в. по 2018 г. Наблюдения были взяты из базы данных ГАО РАН, за исключением двух групп наблюдений, взятых из базы данных VizieR. Обработка проводилась с использованием разработанных в ИПА РАН планетных эфемерид EPM, а также эфемерид галилеевых спутников и спутников Нептуна и аналитических теорий спутников Сатурна и Урана. В ходе обработки были учтены поправки при переходе от одних звездных каталогов к другим, более точным современным каталогам, к которым были редуцированы наблюдения. Представлены результаты сравнительного анализа точности определения орбит планет с использованием пулковских наблюдений и без них.

25.05-01.382 Наблюдения потенциально опасного астероида 139622 (2001 QQ142). Девяткин А.В., Горшанов Д.Л., Львов В.Н., Петрова С.Н., Мартюшева А.А., Наумов К.Н. *Астрономический вестник*. 2025. 59, № 2, с. 164-172. Рус.

В 2023—2024 гг. на телескопах ГАО РАН были проведены астрометрические и фотометрические наблюдения потенциально опасного астероида 139622 (2001 QQ142). Получены ряды астрометрических наблюдений положений астероида, которые имеют среднеквадратическую точность одного наблюдения для $3A-320M$ $s = \pm 0.21''$ и для $MTM-500M$ $s = \pm 0.07''$. Исследованы эволюция его орбиты и обстоятельства сближений с Землей, сделана оценка влияния негравитационных эффектов на его движение. По фотометрическим наблюдениям астероида в интегральных полосах телескопов были построена кривая блеска и уточнен период его осевого вращения: $P = 17.0232 \pm 0.0040$ ч.

25.05-01.383 Влияние сжимаемости и вращения на образование динамо-эффекта в замагниченной турбулентной космической плазме. Колесниченко А.В. *Астрономический вестник*. 2025. 59, № 2, с. 173-196. Рус.

Обсуждается ключевая роль семейства инвариантов гидромагнитной спиральности в связи с генерацией и поддержанием магнитных полей в геофизическом и астрофизическом контекстах. Влияние сжимаемости и вращения на турбулентный перенос вещества в спиральных гидромагнитных течениях исследуется с помощью феноменологического подхода при очень высоких числах Рейнольдса. Флуктуирующие эффекты, входящие при этом в осредненные МГД-уравнения через их корреляционные вклады и представляющие собой гидромагнитное турбулентное напряжение, турбулентную электродвижущую силу и ряд других корреляционных функций, моделируются с помощью линейных замыкающих соотношений (при отсутствии отражательной симметрии мелкомасштабных движений) и дифференциальных уравнений для четырех спиральных идентификаторов хиральной турбулентности (дескрипторов), которыми являются: полная турбулентная энергия плазмы, турбулентная поперечная спиральность, турбулентная остаточная энергия и турбулентная остаточная спиральность. Считается, что модельные уравнения для этих дескрипторов, объединенные со сжимаемыми МГД-уравнениями среднего поля, позволяют наиболее полно сконструировать самосогласованную модель турбулентного динамо. Конечной целью предпринятого исследова-

ния является разработка моделей спиральной гидромагнитной турбулентности, способных эффективно работать в гиперзвуковом режиме.

25.05-01.384 Построение сценария формирования семейства Emilkowalski на основе моделирования эволюции номинальных орбит астероидов. Кузнецов Э.Д., Сафронова В.С., Васильева М.А., Перминов А.С. *Астрономический вестник*. 2025. 59, № 2, с. 197-206. Рус.

Построен сценарий формирования молодого семейства астероидов Emilkowalski на основе численного моделирования эволюции номинальных орбит членов семейства. Были рассмотрены различные варианты орбитальной эволюции астероидов в зависимости от величины скорости дрейфа больших полуосей орбит, обусловленного влиянием суточного эффекта Ярковского. С помощью метода анализа сближений узлов и перицентров орбит были получены оценки времени возможного формирования всех возможных пар среди членов семейства. На основе этих оценок был построен сценарий формирования семейства, предполагающий в качестве основного механизма разрушение родительского тела астероида (14627) Emilkowalski. Показано, что часть членов семейства могли образоваться в результате каскадного распада дочерних тел родительского астероида. Построенный сценарий формирования семейства Emilkowalski можно описать как поэтапное разрушение родительского тела астероида (14627) Emilkowalski с элементами каскадного распада некоторых фрагментов.

25.05-01.385 Задача перемещения космического аппарата с солнечным парусом между произвольными точками леерной связи. Васильева В.С., Родников А.В. *Труды МАИ*. 2025, № 4(143), с. <https://trudymai.ru/published.php?ID=185635>. Рус.

Изучается один из энергонезависимых способов перемещения космического аппарата (КА) вдоль троса, концы которого закреплены на космических станциях, двигающихся по одной гелиоцентрической орбите. В качестве источника относительного ускорения КА используется солнечный парус (СП), трос считается невесомым, нерастяжимым, постоянно натянутым и рассматривается как геометрическое ограничение. В этом случае движение КА в плоскости орбиты осуществляются по дуге эллипса с фокусами в точках закрепления троса. Строится закон управления наклоном СП к направлению солнечных лучей, позволяющий перемещать КА за минимально возможное время между двумя произвольными точками описанного эллипса, более удаленными от Солнца, чем станции. Движение КА начинается с нулевой относительной скоростью, до некоторой точки переключения оно продолжается с максимально возможным относительным ускорением, далее происходит максимально быстрое замедление и КА достигает конечной точки с нулевой относительной скоростью. Описывается программный код, позволяющий вычислять скорость, ускорение, силу натяжения троса в любой точке траектории КА, а также определяющий положение точки переключения в зависимости от эксцентриситета эллипса, коэффициента отражения солнечного паруса и координат начальной и конечной точек перемещения.

25.05-01.386 Эффекты скрученной магнитной трубки на стадии появления новой активной области в фотосфере. Григорьев В.М., Ермакова Л.В. *Солнечно-земная физика*. 2025. 11, № 1, с. 5-9. Рус.

По данным SDO/HMI изучена динамика мелкомасштабных элементов магнитного поля в фотосфере при образовании небольшой активной области USAF/NOAA 12761. Выбор этой области обусловлен тем, что она образовалась вблизи центрального меридиана в минимуме 11-летнего цикла солнечной активности при отсутствии сильных фоновых магнитных полей. Установлено, что за двое суток до образования первых пор наблюдаемая первоначально мелкомасштабная структура магнитного поля образует цепочки элементов обеих полярностей. Структура цепочек создает устойчивую линию раздела полярностей (ЛРП). В течение первых суток ориентация ЛРП меняется от квазиширотной до квазимеридиональной. После сравнения наблюдений с рядом теоретических моделей сделан вывод, что наблюдаемая динамика элементов магнитных цепочек согласуется с моделями выхода жгута магнитного потока на

уровень фотосферы.

25.05-01.387 Анализ гелио- и геофизических событий в октябре—ноябре 2021 г. по комплексным наблюдениям ИКФИА СО РАН. *Козлов В.И., Стародубцев С.А., Григорьев В.Г., Ваишев Д.Г., Макаров Г.А., Павлов Е.А., Каримов Р.Р., Корсаков А.А., Степанов А.Е., Колтовской И.И., Аммосов П.П., Гаврильева Г.А., Иевенко И.Б., Парников С.Г.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 1, с. 10-30. Рус.

Приведены результаты комплексных наблюдений проявлений космической погоды во время геофизических событий в конце октября—начале ноября 2021 г. на Якутской меридиональной геофизической сети ИКФИА СО РАН, включающей в себя комплекс различных научных приборов установленных на станциях «Якутск», «Маймага», «Жиганск» и «Тикси» (нейтронные мониторы, ионозонд, риометр, приемники ОНЧ-радишумов и сигналов навигационных радиостанций, магнитометры), а также комплекс оптических приборов установленных на ст. «Маймага». Представлены результаты анализа явлений, происходивших в околоземном космическом пространстве, ионосфере и атмосфере Земли в северо-восточном секторе Сибири. Изучены свойства наблюдавшихся в это время геофизических эффектов проявления космической погоды: форбуш-понижений космических лучей, геомагнитной бури и суббури, риометрического поглощения, возникновения электроструи, квазипериодических широкополосных радиопомех. Проведена оценка изменения эффективной высоты волновода Земля-ионосфера, критических частот F2-слоя ионосферы, поглощения радиоволн коротковолнового диапазона, температуры нейтральной атмосферы, лучистой полосы сияния в эмиссиях 557.7 и 630.0 нм, а также области интенсивных полярных сияний и авроральной красной дуги (SAR-дуга).

25.05-01.388 Зависимость коэффициента вихревой диффузии от плазменного параметра β в хвосте магнитосферы Земли. *Найко Д.Ю., Овчинников И.Л., Антонова Е.Е.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 1, с. 31-40. Рус.

Проведен анализ зависимостей коэффициентов вихревой диффузии в направлениях X, Y и Z системы координат GSM от плазменного параметра β с учетом расстояния от Земли, направления межпланетного магнитного поля и условий геомагнитной активности в хвосте магнитосферы по данным Magnetospheric Multiscale Mission (MMS). Данные параметры определяются величинами среднеквадратичных скоростей ионов и их автокорреляционными временами. Коэффициенты вихревой диффузии характеризуют величину турбулентного транспорта в хвосте магнитосферы и являются параметрами модели турбулентного плазменного слоя. Анализировалось более 20000 12-минутных интервалов, во время которых спутники MMS находились внутри области с плотностью плазмы более 0.1 см^{-3} и средней энергией ионов более 0.5 кэВ. Показано, что с возрастанием плазменного параметра растут и коэффициенты вихревой диффузии. Данный рост прекращается при $\beta \sim 1$. Анализ относительного вклада изменений среднеквадратичной скорости и автокорреляционного времени в коэффициент вихревой диффузии показал отсутствие существенной зависимости от автокорреляционного времени.

25.05-01.389 «Кислородное голодание» атмосферы. *Гившивили Г.В., Леценко Л.Н.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 1, с. 41-49. Рус.

Со времени обнаружения в 1993—1998 гг. явления аномально-го охлаждения и оседания средней и верхней атмосферы сложились две концепции, объясняющие его происхождение техногенными процессами. Обе делают упор на различных следствиях одной причины — сжигания углеродного топлива в промышленных масштабах. Основу первой концепции составляет гипотеза о ключевой роли в этом процессе убыли содержания кислорода в атмосфере. Возникшая несколько позже вторая модель связывает наблюдаемые эффекты с ростом в атмосфере парниковых газов, прежде всего CO_2 . В прошедшие годы предпринимались многочисленные попытки подтвердить предположение о доминировании второго механизма в формировании многолетнего тренда климата средней и верхней атмосфе-

ры. Однако все они оказались тщетными. Сегодня, во-первых, подтверждается справедливость первой гипотезы, признающей ведущую роль кислорода в изменении климата верхних слоев атмосферы, во-вторых, выявляются ошибки, ставшие причиной отказа от этого заключения. Становится очевидным, что техногенные процессы, влияющие на атмосферу, приводят к двум разнонаправленным явлениям: а) глобальному потеплению тропосферы; б) глобальному охлаждению термосферы, а именно: экстремальный рост массы CO_2 нагревает нижние слои атмосферы, а ее верхние слои охлаждает даже малозаметная по отношению к общей массе убыль O_2 . Поскольку ничто не указывает на спад в ближайшие годы техногенной активности мировой цивилизации, для адекватного прогнозирования последствий роста загрязнения атмосферы, по-видимому, следует учитывать фактор влияния убыли содержания кислорода на состояние околоземного космического пространства.

25.05-01.390 Полярные сияния в периоды экстремальных геомагнитных бурь: визуальные наблюдения SAR-дуги в Иркутске во время события Кэррингтона 1859 г. *Михалев А.В., Белецкий А.Б.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 1, с. 50-54. Рус.

Анализируется описание в летописях полярного сияния 2 сентября 1859 г., наблюдавшегося в Иркутске в период события Кэррингтона. Описание красной дуги очевидцем, анализ геомагнитной обстановки, публикации о визуальных наблюдениях различных форм полярных сияний на средних и низких широтах в этот период, современные инструментальные наблюдения SAR-дуг на широте Иркутска позволили допустить, что красная дуга, описанная в летописях, является SAR-дугой — одним из типов сияний в субавроральных и средних широтах, наблюдаемых во время геомагнитных бурь. Было установлено, что в Иркутске SAR-дуга наблюдалась на фазе восстановления магнитной супербури. Интенсивность SAR-дуги была оценена как $\sim 10\text{--}20$ кРл. Проекция плазмопаузы на ионосферу 2 сентября 1859 г. около 12 UT приходилась на широту Иркутска. Можно допустить, что описание полярного сияния 2 сентября 1859 г. в Иркутске является первым предметным описанием SAR-дуги, за век до ее открытия как явления в 1958 г.

25.05-01.391 Отклик тропосферы на солнечное воздействие во время мощных геомагнитных бурь в 23-м цикле солнечной активности. *Каразанян А.А., Молодых С.И.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 1, с. 55-62. Рус.

Электрический потенциал (ЭП) ионосферы используется в качестве гелиогеофизического параметра при анализе тропосферного отклика на солнечное воздействие во время мощных геомагнитных бурь в 23-м цикле солнечной активности. На основе наблюдательных данных показано, что отклик метеопараметров происходит одновременно с вариациями ЭП во время очень большой магнитной бури 20 ноября 2003 г., вызванной экстремально геоэффективным событием. Тропосферный отклик сдвигается по времени относительно максимума ЭП во время очень большой магнитной бури 15 июля 2000 г.: увеличение высоты слоя осаждаемой воды наблюдается через 6 ч; уменьшение уходящей длинноволновой радиации — через 12 ч; увеличение верхней облачности — через 18 ч. Обнаружено, что амплитуда отклика метеопараметров на вариации ЭП примерно вдвое меньше во время магнитной бури 15 июля 2000 г. по сравнению с тропосферным откликом во время геомагнитной бури 20 ноября 2003 г.

25.05-01.392 Суточные вариации характеристик спорадического слоя E_s над Иркутском. *Воронова Е.А., Ратовский К.Г.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 1, с. 63-69. Рус.

Проведено исследование морфологических особенностей полусуточных вариаций вероятности появления спорадического слоя E_s P E_s и высоты слоя h E_s над Иркутском (52.3°N , 104.3°E) на основе данных ионозонда DPS-4 за 2003—2021 гг. Путем усреднения за все годы рассчитываются суточные вариации P E_s и h E_s для каждого месяца. Отмечается, что P E_s достигает максимумов при спаде h E_s и что наблюдается асимметрия максимумов P E_s : утренние максимумы больше вечерних. Эти особенности интерпретируются на основе понятия

оптимальной высоты образования E_s и роли фотоионизации в формировании этого спорадического слоя.

25.05-01.393 Анализ влияния роста риометрического поглощения на выход авроральных шипений к земной поверхности. *Нихитенко А.С., Лебедь О.М., Ларченко А.В., Федоренко Ю.В. Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 1, с. 70-76. Рус.*

По данным наземных наблюдений на геофизической станции «Ловозеро» и радиофизическом полигоне «Туманный» ПГИ анализируется влияние изменений поглощения космического радиосигнала в нижней ионосфере на выход авроральных шипений к земной поверхности. Рассмотрены три всплеска авроральных шипений, окончание которых сопровождается ростом риометрического поглощения до 0.6–2.2 дБ. Моделирование их распространения из магнитосферы к земной поверхности в условиях возмущенного профиля электронной концентрации, обусловленного высыпаниями энергичных электронов, показало, что даже небольшое значение 0.6 дБ поглощения в ионосфере вызывает ослабление аврорального шипения на 45–50 дБ относительно его мощности на высоте 800 км. Расчеты показывают, что при таком поглощении мощность шипения у земной поверхности сопоставима с уровнем естественного шума волновода Земля-ионосфера, а при значении риометрического поглощения 2.2 дБ можно ожидать полного прекращения регистрации авроральных шипений на земной поверхности.

25.05-01.394 Отклик верхней атмосферы на внетропические циклоны. *Захаров В.И., Соловьева М.С., Шалимов С.Л., Акперов М.Г., Коржина Г.М., Булатова Н.Р. Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 1, с. 77-87. Рус.*

На основе измерений на региональных станциях сверхдлинноволнового радиопросвечивания и на спутниках миссии Swarm исследован отклик нижней и верхней ионосферы на прохождение внетропических циклонов в Дальневосточном регионе России в период 2014–2023 гг. Для двенадцати циклонов обнаружено, что возмущения в нижней ионосфере, отмечаемые по вариациям амплитуды и фазы СДВ-сигнала, а также сопряженные с ними вариации электронной плотности в верхней ионосфере на активной стадии циклонов соответствуют прохождению атмосферных внутренних гравитационных волн и их диссипации, что продемонстрировано на нескольких примерах. Рассмотрены механизмы воздействия внутренних атмосферных волн на ионосферу, позволяющие интерпретировать наблюдаемые в нижней ионосфере вариации фазы СДВ-сигнала и вариации электронной плотности в верхней ионосфере.

25.05-01.395 Особенности корреляционных кривых Сибирского радиогелиографа. *Уралов А.М., Лесовой С.В., Гречнев В.В., Глоба М.В. Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 1, с. 88-97. Рус.*

Корреляционные кривые многочастотного Сибирского радиогелиографа (СРГ) — чувствительный индикатор и наглядная форма мониторинга микроволновой жизни активного Солнца. В статье приводится вывод оценочных соотношений и кратко обсуждается вклад в корреляционный отклик радиогелиографа спокойного Солнца, активных областей, радиовсплесков, спутников и атмосферного поглощения. Оценки получены в предположении, что центры активности и спокойное Солнце являются однородными дисками разных размеров и яркости. Чувствительность корреляционных кривых к слабым источникам малых угловых размеров обусловлена их широким пространственным спектром. Широкий спектр означает появление заметного интерферометрического отклика у каждой пары антенн, поэтому суммарный отклик существенен. Корреляционные кривые позволяют оценить пространственные размеры источника радиовсплеска на разных частотах, но не позволяют рассчитать форму его радиоспектра. Изменчивость во времени содержания воды в атмосфере создает колебания величины принимаемого потока солнечного радиоизлучения. Корреляционный отклик в значительно меньшей степени подвержен влиянию данного фактора.

25.05-01.396 Температурный эффект мюонов, регистрируемых под землей с помощью сцинтилляционных детекторов. *Янчуковский В.Л., Хисамов Р.З. Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 1, с. 98-108. Рус.*

В спектрограф космических лучей им. А.И. Кузьмина в Якутске входят нейтронный монитор 24-NM-64 и система подземных мюонных телескопов на газоразрядных (МТ) и сцинтилляционных (СМТ) счетчиках для регистрации мюонов на уровнях 0, 7, 20 и 40 м водного эквивалента. Температурный эффект мюонов, наблюдаемых с помощью МТ, был рассмотрен в предыдущей работе [Янчуковский, 2023]. Здесь мы вычисляем температурный эффект мюонов, регистрируемых СМТ. Распределения плотности температурных коэффициентов для мюонов, регистрируемых на поверхности и на различных глубинах под землей, найдены по данным СМТ за период с января 2016 г. по декабрь 2018 г. с привлечением данных по высотному профилю температуры атмосферы над Якутском за этот же период. При анализе многомерных данных применен метод главных компонент. При построении системы линейных уравнений в пространстве главных компонент привлечен метод проекций на скрытые структуры (projections to latent structures, PLS2). Полученные результаты сопоставлены с результатами теоретических расчетов. Найденные распределения плотности температурных коэффициентов позволяют корректно учитывать температурный эффект в данных, регистрируемых мюонными телескопами.

25.05-01.397 Полярное сияние в Омане: наблюдения и изображения. *Aurora in Oman: observations and images. Alshuaili I.Y.K., Issa Salim Aal Alshaiikh, Albusaidi Q., Akindi A. Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 1, с. 109-112. Англ.*

The Sun showed extraordinary activity related to sunspot area 3664 on May 8–10, 2024, resulting in solar flares considered the most intense in the current solar cycle. Auroras occurred in several regions around the world. Early on May 12, 2024 near the highest peak in the Sultanate of Oman, a team of Omani astrophotography enthusiasts documented the rare event ever observed in this region. Auroras often occur along the so-called auroral oval zones around the geomagnetic poles, where Earth's magnetic field directs charged particles penetrating from the solar wind. This takes place when a cloud of charged particles is thrown toward Earth by a large explosion on the Sun. Sometimes, these particles can make the aurora visible in places where it is exceedingly rare throughout recorded history. The observation from the mountain Jebel Shams, situated far from the polar regions (23 degrees north of the equator), offers a unique chance to study such an event in a region where auroras are exceptionally rare. We explore the factors contributing to the observed aurora in Oman, including geomagnetic conditions and the role of sunspot region AR3664 in solar activity along with local conditions in Oman that contributed to the visibility of this aurora. Understanding this dynamics can enhance our knowledge of the mechanisms driving auroral visibility at lower latitudes and provide valuable insights into the global impact of solar storms. This study also emphasizes how crucial it is to record auroras in regions like the Arabian Peninsula, where they are rarely documented.

25.05-01.398 Связь нарастания скорости КВМ на начальном этапе движения с изменением магнитных условий в области зарождения выброса массы. *Файштейн В.Г., Руденко Г.В., Загайнова Ю.С. Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 2, с. 5-14. Рус.*

Работа имеет дискуссионный характер, так как опирается на предположения, требующие серьезного экспериментального подтверждения. Сделана попытка связать нарастание скорости коронального выброса массы (КВМ) на начальной стадии его движения с уменьшением свободной магнитной энергии E_{free} в активной области. Кроме этого, рассмотрено, как для отобранного события меняется магнитная спиральность M_h в активной области. Анализировалось движение относительно энергичного КВМ типа гало (далее гало-КВМ) с кинетической энергией $5.2 \cdot 10^{31}$ эрг, зарегистрированного 26 ноября 2011 г. и связанного со слабой рентгеновской вспышкой балла C1.2. Показано, что в период нарастания со временем E_{free} и последующего ее спада при увеличении скорости КВМ магнитная спиральность меняется аналогичным образом: при увеличении E_{free} увеличивается M_h и наоборот. Для сравнения показаны изменения E_{free} и M_h во время события, связанного с сильной рентгеновской вспышкой балла X3.1 и не связанного с КВМ. Оказалось, что в этом случае при самом сильном спаде E_{free} M_h возрастает.

тает.

25.05-01.399 Изменение солярного климата Земли в период от 1900 до 2100 г. *Фёдоров В.М., Фролов Д.М. Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 15-21. Рус.

Приводятся результаты анализа изменений солярного климата Земли за 1900–2100 гг. Определено, что годовой меридиональный градиент интенсивности облучения в 1900–2100 г. возрастает и широтные различия в интенсивности облучения Земли увеличиваются. Относительное увеличение зимней интенсивности облучения для полушарий отмечается в областях развития внетропических циклонов, что может способствовать активизации циклонических процессов в атмосфере в зимнее полугодие. В Северном полушарии в рассматриваемый период сезонные различия в интенсивности облучения возрастают, а в Южном сглаживаются. Меридиональные контрасты облучения в летнее полугодие возрастают в Южном и Северном полушариях, в зимнее полугодие в Северном полушарии меридиональные контрасты в облучении сокращаются, в Южном увеличиваются. Инсоляционная сезонность в Северном полушарии слабо возрастает, в Южном увеличивается. Преобладает перенос радиационного тепла из летнего Южного полушария в зимнее Северное полушарие. Однако отмечается тенденция его уменьшения.

25.05-01.400 Управляемый данными подход к классификации данных среднеширотных радаров когерентного рассеяния. *Бернгардт О.И. Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 22-44. Рус.

Развит самосогласованный, управляемый данными подход к классификации данных, получаемых на среднеширотных радарах когерентного рассеяния ИСЗФ СО РАН. На основе материала 2021 г. приведено решение задачи автоматической классификации данных без их разметки экспертом и без постулирования количества классов. Алгоритм самостоятельно проводит разметку, определяет оптимальное количество классов сигналов, наблюдаемых радаром, и обучает двухслойную классифицирующую нейронную сеть предельно простой структуры. При траекторных расчетах используется метод волновой оптики и международные ссылающиеся модели ионосферы и магнитного поля Земли. Модель обучена на сигналах, приходящих с главного лепестка диаграммы направленности. При обучении для адаптации части данных, полученных с повышенным спектральным разрешением проводится их искусственное закругление до стандартного разрешения. Каждый класс сигнала, определенный нейронной сетью, проинтерпретирован с физической точки зрения исходя из статистических характеристик сигналов, принадлежащих ему. Показано, что количество классов в данных составляет от 23 до 35. Проведена оценка значимости различных параметров входных данных. Показано, что наиболее важными для классификации параметрами являются расчетные высота рассеяния и наклон траектории в точке рассеяния, а наименее важными — спектральная ширина принятого сигнала и расчетное количество отражений от нижележащей поверхности.

25.05-01.401 Гистерезисные циклы и инвариантность формы DST-индекса во время развития геомагнитных бурь. *Куражковская Н.А., Клайн Б.И., Зотов О.Д., Куражковский А.Ю. Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 45-55. Рус.

Исследована связь Dst-индекса с параметрами гелиосферы во время развития 933 изолированных геомагнитных бурь, наблюдавшихся в 1964–2010 гг. Классификация бурь проводилась по типу начала (внезапное или постепенное) и по интенсивности (слабые, умеренные и сильные). Анализ выполнялся по накопленным методом наложения эпох значениям Dst-индекса, параметров солнечного ветра (СВ) и межпланетного магнитного поля (ММП). Показано, что на временном интервале развития различных по интенсивности бурь с внезапным и постепенным началом кривая изменения Dst в зависимости от гелиосферных параметров на главной фазе бури не совпадает с кривой изменения на фазе восстановления, что является типичным признаком гистерезиса. Во время развития бури Dst образует гистерезисные циклы со всеми анализируемыми параметрами солнечного ветра и ММП. Зависимости $Dst(B)$, $Dst(B_z)$, $Dst(E_y)$,

$Dst(V)$, $Dst(P_{dyn})$ и $Dst(\beta)$ имеют форму петли гистерезиса во время возбуждения слабых, умеренных и сильных бурь. Обнаружено, что форма и площадь петель гистерезиса изменяются в зависимости от параметров гелиосферы и интенсивности бурь. Показано, что форма усредненной кривой изменений Dst при развитии бурь не зависит от их интенсивности, т. е. является инвариантом. Инвариантное поведение характерно также для усредненной динамики параметров гелиосферы во время развития магнитных бурь различной интенсивности. Исходя из нелинейной связи Dst-индекса с межпланетными параметрами и инвариантности его динамики, мы предлагаем интегральное уравнение типа уравнения Вольтерры для описания зависимости Dst от параметров солнечного ветра и ММП. Предложенная модель подходит для интерпретации результатов экспериментального исследования гистерезисных эффектов, обусловленных фазовыми сдвигами между изменениями значений Dst и параметров гелиосферы.

25.05-01.402 Спутниковые и наземные наблюдения Pс1-пульсаций во время магнитной бури в марте 2023 г. *Позднякова Д.Д., Филипенко В.А., Носэ М., Хомутов С.Ю., Башнев Д.Г. Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 56-68. Рус.

Проанализированы электромагнитные ионно-циклотронные колебания диапазона Pс1 (~1 Гц), зарегистрированные на восточной фазе магнитной бури 25 марта 2023 г. сетью наземных станций на Дальнем Востоке и низкоорбитальными спутниками SWARM, проходящими над станциями. Собранные данные позволили проследить распространение Pс1-волн через ионосферу к земной поверхности и вдоль ионосферы. В то время как на наземных станциях наблюдалось длительное (~1 ч) узкополосное излучение, на спутниках был зарегистрирован только короткий всплеск поперечных колебаний длительностью ~40 с. Оценка когерентности сигналов между близкими спутниками SWARM-A и -C, разнесенными по долготе на ~1°, дает величину поперечного масштаба волнового пакета в ионосфере ~90 км. Большая длительность излучения на наземных станциях обусловлена волноводным распространением сигналов вдоль ионосферы, в результате которого станция «собирает» сигналы из большой магнитосферной области. Наличие волноводного распространения подтверждается ориентацией эллипса поляризации наземных Pс1-пульсаций относительно места инжекции волн в ионосферу. Высказана гипотеза, что ионно-циклотронная неустойчивость развивается в виде локализованных и непродолжительных всплесков, но механизм такого режима остается невыясненным.

25.05-01.403 Исследование радиальной структуры полоидального альфвеновского резонатора методом "фазовых портретов" по данным спутника Van Allen Probes. *Власов А.А. Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 69-78. Рус.

Исследована пространственная структура собственных гармоник полоидального альфвеновского резонатора, зарегистрированных спутником RBSP-B 23 октября 2012 г. в 19:12–20:24 UT. Для интерпретации данных использован метод фазовых портретов, представляющих собой совокупность графиков компонент магнитного/электрического поля колебаний и разности фаз между поперечными компонентами. На основе теоретического описания магнитосферных МГД-волн построено аналитическое решение для собственных мод полоидального альфвеновского резонатора. Показано, что разности фаз отдельных монохроматических гармоник наблюдаемых колебаний имеют квазипериодическую структуру, что позволило подтвердить их резонаторную природу, а аналитически рассчитанные компоненты магнитного поля вдоль траектории движения спутника качественно совпадают с данными спутниковых наблюдений. На основе сопоставления теоретических расчетов структуры поперечных компонент магнитного поля с данными наблюдений выдвинуто предположение, что основной вклад в наблюдаемые колебания вносят вторая и четвертая собственные гармоники полоидального резонатора.

25.05-01.404 Отклики регионального электронного содержания на геомагнитные события в высоких, средних и экваториальных широтах, полученные методом наложенных эпох с использованием AE-индекса. *Ра-*

товский К.Г., Клименко М.В., Веснин А.М., Белюченко К.В. *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 79-88. Рус.

Статья посвящена исследованию статистических закономерностей откликов регионального электронного содержания на геомагнитные события в высоких, средних и экваториальных широтах. Региональное электронное содержание представляет собой полное электронное содержание, усредненное по всем долготам в данной широтной зоне. Статистический анализ включает следующие составляющие: 1) идентификация геомагнитных событий на основе АЕ-индекса и расчет "эталонных" геомагнитных бурь; 2) расчет регионального электронного содержания (REC) для пяти широтных зон (экваториальная зона, среднеширотные зоны Северного и Южного полушарий и высокоширотные зоны Северного и Южного полушарий); 3) расчет возмущений REC (Δ REC), представляющих собой относительные (процентные) отклонения наблюдаемых значений от 27-дневного скользящего среднего значения REC; 4) получение "эталонного" ионосферного отклика в виде динамики среднего Δ REC, полученной методом наложенных эпох. Метод наложенных эпох реализован с часовым разрешением и ключевыми моментами, соответствующими максимуму АЕ-индекса. По сравнению с нашим предыдущим статистическим анализом, реализованным с суточным разрешением на основе идентификации геомагнитных бурь с использованием Dst-индекса, новый метод привел к существенному возрастанию амплитуды отклика и сокращению его продолжительности. Сезонное поведение ионосферных откликов было проанализировано на предмет соответствия концепции термосферной бури. Отклики экваториальной зоны и среднеширотной зоны Южного полушария соответствуют концепции термосферной бури. В среднеширотной зоне Северного полушария имеет место ряд исключений. Отклики высокоширотной зоны показывают необходимость учета механизмов формирования положительных возмущений, которые отсутствуют в концепции термосферной бури.

25.05-01.405 Эволюция стратосферного полярного вихря на примере зимних периодов 2022—2024 гг. *Зоркальцева О.С., Антохина О.Ю., Гочаков А.В., Артамонов М.Ф.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 89-99. Рус.

Рассмотрены вариации площади стратосферного полярного вихря (СПВ) и температура высокоширотной стратосферы в периоды с ноября по март 2022—2023 и 2023—2024 гг. на фоне средних многолетних значений данных параметров с 1979 по 2024 г. В 2022—2023 гг. площадь СПВ существенно превысила климатические значения в январе и декабре, а уменьшение площади СПВ произошло на месяц позже климатической нормы. Это сопровождалось экстремально низкими температурами полярной стратосферы в первую половину зимы и рекордно «жарким» внезапным стратосферным потеплением (ВСП) во вторую половину зимы. В зимний период 2023—2024 гг. не отмечалось экстремальных значений СПВ и температуры, однако наблюдалось четыре ВСП, три из которых были главными (major). В работе рассматриваются площади СПВ, температуры стратосферы, активность планетарных волн, а также обсуждаются причины различий двух зимних сезонов в контексте волновой активности.

25.05-01.406 Моделирование влияния магнитной бури на крупномасштабную структуру высокоширотной ионосферы для зимних условий. *Гололобов А.Ю., Голиков И.А., Попов В.И.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 100-111. Рус.

Представлено текущее состояние развернутой на территории Иркутской области и Республики Бурятия грозопеленгационной сети, в состав которой входят четыре пункта. Объединены результаты, полученные во время нескольких этапов проекта «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории». Дана схема используемого ОНЧ-приемника. Подробно описан процесс обработки данных, особенности некоторых алгоритмов и обоснование их выбора. При создании алгоритмов обработки и их дальнейшей модернизации стало возможным получение карт молниевых разрядов с периодом несколько минут. Приведены промежуточные результаты работы сети, показана карта распределения мол-

ниевых разрядов и даны рекомендации по ее дальнейшему развитию и модернизации.

25.05-01.407 Экспериментальная распределенная сеть ОНЧ-приемников для мониторинга грозовой активности на байкальской природной территории. *Тяжачев И.Д., Васильев Р.В., Зоркальцева О.С., Полетаев А.С., Ченский А.Г., Васильев К.М., Салимгоров Р.Р.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 112-123. Рус.

Представлено текущее состояние развернутой на территории Иркутской области и Республики Бурятия грозопеленгационной сети, в состав которой входят четыре пункта. Объединены результаты, полученные во время нескольких этапов проекта «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории». Дана схема используемого ОНЧ-приемника. Подробно описан процесс обработки данных, особенности некоторых алгоритмов и обоснование их выбора. При создании алгоритмов обработки и их дальнейшей модернизации стало возможным получение карт молниевых разрядов с периодом несколько минут. Приведены промежуточные результаты работы сети, показана карта распределения молниевых разрядов и даны рекомендации по ее дальнейшему развитию и модернизации.

25.05-01.408 Возбуждение глобальных искусственных сигналов диапазона Pс1 в эксперименте FENICS-2024: 1. Наблюдения. *Пилипенко В.А., Ермакова Е.Н., Потапов А.С., Марчук Р.А., Колобов В.В., Анисимов С.В., Рябов А.В., Мазур Н.Г., Федоров Е.Н., Дмитриев Э.М.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 124-131. Рус.

В июле—августе 2024 г. на Кольском п-ве был проведен эксперимент FENICS-2024 по генерации искусственных электромагнитных сигналов в ночные часы с использованием двух введенных из работы линий электропередачи (ЛЭП) в качестве горизонтальной излучающей антенны. Частота генератора от сеанса к сеансу дискретно менялась от 1 до 194 Гц с амплитудой тока от ~ 150 А на низких частотах до ~ 40 А на высоких. В работе представлены результаты первого этапа эксперимента, когда в качестве излучающей антенны использовалась ЛЭП Выходной—Оленегорск с расстоянием между заземлителями подстанций $L=84$ км. На магнитных станциях, расположенных на расстояниях от узловой подстанции от ~ 1200 до ~ 2100 км, зарегистрированы сигналы с частотами от 1 до 9 Гц с амплитудами, нормированными на величину тока излучателя, от ~ 0.3 до ~ 6.0 фТл/А. Проведенные наблюдения показали перспективность нового типа активных экспериментов по генерации зондирующего сигнала для магнитотеллурического зондирования на большой площади. Сопоставление результатов наблюдений с теоретическими моделями будет представлено в следующей работе.

25.05-01.409 Жесткость геомагнитного обрезаия в местах расположения нейтронных мониторов. *Кручинин П.А., Сирук С.А., Майоров А.Г., Малахов В.В., Александрин С.Ю.* *Солнечно-земная физика.* 2025. 11, № 2, с. 132-138. Рус.

Нейтронные мониторы (НМ), расположенные в разных точках планеты, позволяют проводить исследования временных, энергетических и угловых характеристик потоков галактических и солнечных частиц. Поскольку НМ находятся внутри магнитосферы Земли, их отклик зависит от места на поверхности планеты, которое можно характеризовать жесткостью геомагнитного обрезаия (ЖГО). Рассчитанные значения ЖГО зависят от модели магнитного поля, даты и даже от численных методов. В работе приводятся вычисленные значения ЖГО в местах расположения некоторых нейтронных мониторов и проводится сравнение полученных значений с результатами расчетов других авторов, включая сопоставление временной динамики за последнее десятилетие. Показано, что значения ЖГО, полученные для 2020 г. в модели IGRF-14, отличаются от таковых в IGRF-13, однако уже для 2015 г. эта разница оказывается пренебрежимо мала. Продемонстрирована тенденция к уменьшению ЖГО со временем, особенно сильно проявляющаяся на

средних широтах. Сравнение полученных нами значений ЖГО с результатами других авторов показало, что в большинстве случаев разница не превышает 0.2 ГВ. Подобные отклонения существенны лишь в приполярной области, где основную роль в экранировании частиц играет не магнитное поле Земли, а ее атмосфера. Показано, что точность используемого алгоритма сопоставима с точностью других алгоритмов и достаточна для расчетов отклика нейтронных мониторов.

25.05-01.410 Горные районы Российской Арктики как площадка для изучения космической погоды. Сирож С.А., Александрин С.Ю., Лагойда И.А., Майоров А.Г., Юлбарисов Р.Ф. Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 2, с. 139-144. Рус.

В силу особенностей строения магнитного поля Земли ее приполярные области наиболее восприимчивы к вариациям потока космических лучей и другим проявлениям космической погоды. Расположенные в таких районах возвышенности особенно перспективны с точки зрения изучения этих явлений. В настоящее время в мире действуют две наземные обсерватории, отличающиеся повышенной чувствительностью к проявлениям солнечной активности, и обе они находятся в Антарктиде. В Российской Арктике имеется несколько горных районов, геофизические условия в которых схожи с таковыми на Антарктическом ледяном щите. Работа посвящена расчету физических величин, определяющих условия мониторинга космической погоды в этих районах, и рассмотрению вопроса о целесообразности строительства новых научных станций в этих местах. Показано, что установка новых станций приведет к повышению чувствительности сети обсерваторий к проявлениям солнечной и геомагнитной активности, в частности к росту числа регистрируемых солнечных протонных событий.

25.05-01.411 Вертикальные профили оптической турбулентности и оценка внешнего масштаба турбулентности над Байкальской астрофизической обсерваторией. Шиховцев А.Ю., Ковадло П.Г. Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 9, с. 808-814. Рус.

Результаты измерений характеристик оптических искажений получены с использованием Уникальной научной установки Большой солнечный вакуумный телескоп (<http://ckprf.ru/usu/200615/>). Ключевые слова: астроклимат, атмосфера, турбулентность, внешний масштаб турбулентности.

25.05-01.412 Корреляционный алгоритм для адаптивной оптической системы солнечного телескопа. Конаев П.А. Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 10, с. 889-893. Рус.

В адаптивных оптических системах (АОС), применяемых в астрофизике, широко используются разновидности корреляционного алгоритма NCC (Normalized Cross Correlation), как правило, в блоках слежения и стабилизации, а также для измерения оптических параметров АОС, например, локальных наклонов в датчиках волнового фронта (ДВФ). Ввиду тенденции увеличения апертур современных телескопов и роста разрешения цифровых видеокамер не теряет актуальности задача повышения быстродействия алгоритма NCC для вычислений в реальном масштабе времени. В настоящей работе предложена модификация NCC для измерения смещения изображений протяженных объектов статичной сцены в приложениях адаптивной атмосферной оптики. Эта разновидность алгоритма может использоваться в следящих системах для устранения дрожания всего изображения, а также для измерений фазы волнового фронта в ДВФ. Благодаря упрощению процедуры нормировки опорного кадра скорость алгоритма увеличивается и появляется возможность его применения в АОС крупноапертурных солнечных телескопов.

25.05-01.413 Аэрозольная оптическая толща атмосферы в районе расположения гамма-обсерватории TAIGA по данным химической модели GEOS-CHEM и химического реанализа CAMS. Мордвин Е.Ю., Ревякин А.И., Лагутин А.А. Оптика атмосферы и океана. 2025. 38, № 6, с. 432-438. Рус.

Атмосферный аэрозоль оказывает влияние на астрономические наблюдения, выполняемые в видимом диапазоне спектра (400–700 нм). Следовательно, информация о динамике опти-

ческих свойств среды в районе проведения астрофизического эксперимента необходима для корректной интерпретации получаемых результатов. В силу отсутствия локальных измерений данные о состоянии атмосферы могут быть получены, например, путем численного моделирования. В настоящей работе обсуждаются результаты моделирования аэрозольной атмосферной толщи (АОТ) с использованием химической транспортной модели GEOS-CHEM и химического реанализа CAMS для района расположения гамма-обсерватории TAIGA, где в ночное время регистрируется черенковское излучение. Показано, что средние значения АОТ (550 нм) с сентября по апрель 2019–2022 гг. по данным GEOS-CHEM и CAMS составляют $\sim 0,08$ и $\sim 0,05$ соответственно. Максимум АОТ наблюдается в апреле и может достигать 0,6. Верификация результатов моделирования с использованием данных AERONET показала их удовлетворительное согласие: коэффициент корреляции R для GEOS-CHEM равен 0,92, а для CAMS — 0,91. Результаты исследования могут применяться на этапе обработки экспериментальных данных гамма-обсерватории TAIGA, а также аналогичных астрофизических проектов.

25.05-01.414 Вязкая космологическая модель FRW с периодически изменяющимся во времени параметром замедления в $f(R,T)$ гравитации. FRW viscous cosmological model with time periodically varying deceleration parameter in $f(R,T)$ gravity. Ramanamurty M., Santhikumar Rajamahanthi, Sobhanbabu K. Журнал Сибирского Федерального университета. Математика и физика. 2025. 18, № 2, с. 243-252. Англ.

Изучается динамика космологической модели Фридмана—Робертсона—Уокера, характеризующейся давлением идеальной жидкости и баротропным вязким давлением. Получая точные решения уравнений поля Эйнштейна с изменяющимся во времени периодическим параметром замедления, исследование выявляет периодическое поведение большинства параметров, приписываемое влиянию косинусной функции в параметре замедления. Анализ углубляется в физические и динамические следствия этой модели, в частности, подчеркивая, как отрицательное давление способствует расширению Вселенной в поздние времена. Ключевые слова: объемная вязкая жидкость, период времени, параметр замедления, ускоренное расширение.

25.05-01.415 Двухжидкостный сценарий космологической модели темной энергии с линейно изменяющимся параметром замедления в геометрии Лиры. Two fluid scenario dark energy cosmological model with linearly varying deceleration parameter in Lyra's geometry. Krishna Mandala, Sobhanbabu Koppala, Santhikumar Rajamahanthi. Журнал Сибирского Федерального университета. Математика и физика. 2025. 18, № 4, с. 519-531. Англ.

Исследуется оценка параметра темной энергии в пространственно однородном и анизотропном пространстве-времени типа Бианки-VI₀, включающем геометрию Лиры. Чтобы получить определенное решение, мы решаем уравнения поля, используя линейно изменяющийся параметр замедления, предложенный Акарсу и Дерели (2012). Мы анализируем два сценария, включающих взаимодействующие и не взаимодействующие жидкости (баротропную и темную энергию), и выводим общие результаты для каждого случая. Также обсуждаются физические последствия этих результатов. Ключевые слова: темная энергия, двухжидкостный сценарий, баротропный, геометрия Лиры.

25.05-01.416 Новая Geant4 база данных по адронным сечениям нейтронов и легких ионов. Багуля А.В., Гришин В.М., Иванченко В.Н., Чалый Н.А. Известия вузов. Физика. 2024. 67, № 12, с. 80-84. Рус.

Приводится описание методов получения и использования сечений гамма-квантов, нейтронов, протонов и легких ионов для пакета программ Geant4. Новая версия сечений находится в наборе данных G4PARTICLEXS4.1, доступных вместе с новой версией Geant4 11.3 (декабрь 2024 года). Рассмотрены методы подготовки данных, обсуждается точность табулирования и приводятся результаты тестов. База данных предназначена для моделирования экспериментов на БАК, NICA, а также других

приложений Geant4.

25.05-01.417 О вынужденных колебаниях электрического поля в приземном слое атмосферы на гравитационно-волновых частотах релятивистских двойных звездных систем. *Груцкая Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В. Известия вузов. Физика. 2025. 68, № 2, с. 75-81. Рус.*

Работа посвящена изучению вынужденных колебаний вертикальной составляющей электрического поля в приземном слое атмосферы на удвоенных частотах обращения известных релятивистских двойных звездных систем (РДЗС) с малым эксцентриситетом. На комплексных временных рядах, мнимая часть которых является первой конечной разностью исходного многолетнего временного ряда, исследована спектральная локализация собственных векторов его эрмитовой матрицы плотности. Показано (по критерию Смирнова—Колмогорова), что амплитудные спектры собственных векторов на частотах гравитационного излучения РДЗС имеют значимо более высокую степень спектральной локализации.

25.05-01.418 Индивидуальное поведение гидродинамики газа из пар изолированных галактик при взаимодействии. Individual behavior of gas hydrodynamics from pairs of isolated galaxies in interaction. *Teofilo-Salvador E. Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н. 2024. 17, № 3, с. 148-160. Англ.*

The hydrodynamic behavior of the gas of a selected pair of interacting galaxies has been reviewed based on numerical simulation using Illustris and IllustrisTNG. 210 halos were identified visually, using the Explorer; but their number was reduced due to selection taking into account found distances, masses and particle emission conditions, then the halos were refined and received specific cuts using Python. Among them, 34% did not interact at all, due to asymmetries ranging from 18 to 74%. The pair with ID 473420-473421 turned out to be the best interacting pair, and it was most marked at $z=1$ and 5. This sample provided more information about the behavior of the gas present, such as the formation of tidal tails, with a relative velocity of 9 to 213 km/s. The density fields were affected by distribution velocities and radial motion in galaxy interaction processes, the gas flow created transitions between the two disks in the radial velocity field, with longer jets in regions of cold gas compared to those of hot one.

25.05-01.419 Открытие пульсаций от RX J0535.0-6700 телескопом SRG/ART-XC: еще один рентгеновский пульсар в БМО. *Мереминский И.А., Горбан А.С., Кляйн Ю.С., Ушакова Е.А., Семена А.Н., Лутовинов А.А., Ткаченко А.Ю., Мольков С.В. Письма в Астрон. ж. 2025. 51, № 1, с. 3-12. Рус.*

В данных телескопа ART-XC им. М.Н. Павлинского обсерватории SRG были обнаружены пульсации с периодом ≈ 106 с от малоизлученной массивной рентгеновской двойной системы RX J0535.0-6700, расположенной в Большом Магеллановом Облаке (БМО), что доказывает, что компактным объектом в системе является замагниченная нейтронная звезда. Пульсации с близкими периодами были обнаружены также в архивных наблюдениях телескопов XMM-Newton и Chandra. По фотометрическим наблюдениям обсерватории WISE показано, что RX J0535.0-6700 демонстрирует значительную переменность в ИК-диапазоне, которая может быть связана с секулярными изменениями размера декреционного диска. Открытие рентгеновских пульсаций делает RX J0535.0-6700 еще одним членом популяции рентгеновских пульсаров с Ве-звездами в БМО.

25.05-01.420 Не-ЛТР анализ химического состава A—В звезд главной последовательности. III. Критерии нормальной звезды. *Романовская А.М., Рябчикова Т.А., Машонкина Л.И., Ситнова Т.М., Серебрякова Н. Письма в Астрон. ж. 2025. 51, № 1, с. 13-27. Рус.*

Определены фундаментальные параметры (эффективная температура T_{eff} , поверхностное ускорение силы тяжести и радиус) и химический состав для шести звезд спектральных классов A-B: HD 186689 (v Aql), HD 58142 (21 Lyn), HD 145788, HD 192907 (κ Ser), HD 85504 (7 Sex) и HD 38899 (134 Tau) на основе анализа спектров высокого разрешения и спектрофотометрических наблюдений. Содержание химических элемен-

тов определено в приближении локального термодинамического равновесия (ЛТР) для 25 элементов от Li до Nd и для 18 из них — с учетом отклонений от ЛТР (не-ЛТР). У v Aql, 21 Lyn и κ Ser, которые в литературе относятся к нормальным звездам, не-ЛТР содержание элементов от He до Fe, действительно, согласуется с солнечными значениями в пределах 0.1 dex, но наблюдаются избытки Co, Ni, Zn, Sr, Y, Zr, Ba относительно солнечного содержания, и их величина коррелирует с T_{eff} звезды. Таким образом, подтверждена температурная зависимость избытков Zn, Sr, Y, Zr, Ba, обнаруженная в наших предыдущих работах для нормальных звезд, и впервые найдена аналогичная зависимость для Co и Ni. HD 145788 с общим избытком элементов группы железа 0.17 dex находится на начальной стадии превращения в Am-звезду. Профили линий в спектрах 7 Sex и 134 Tau свидетельствуют о том, что это быстро вращающиеся звезды, видимые с полюса, и их анализ требует использования методов, учитывающих несферичность звезды.

25.05-01.421 Неуловимые гелиевые звезды между субкарликами и звездами Вольфа—Райе. II. Нелинейные пульсации “обнаженных гелиевых звезд”. *Фадеев Ю.А., Куранов А.Г., Юнгельсон Л.Р. Письма в Астрон. ж. 2025. 51, № 1, с. 28-37. Рус.*

Впервые показано, что гелиевые звезды с массой $(2-7) M_{\odot}$, сформировавшиеся в тесных двойных системах в так называемом случае В обмена веществом и сохранившие маломассивные водородно-гелиевые оболочки, претерпевают нелинейные радиальные пульсации. Пульсации возбуждаются κ -механизмом, обусловленным ионизацией гелия. Область пульсационной неустойчивости охватывает часть диаграммы Герцшпрунга—Рассела от ветви красных гигантов до эффективных температур $4.5 \leq \lg T_{eff} \leq 4.7$. Переменность леска должна, как правило, наблюдаться в ультрафиолетовой области спектра. Амплитуды пульсаций исследованных моделей достигают $\Delta M_{bol} = 0.8$ и возрастают с уменьшением радиуса звезды R . Периоды пульсаций составляют от 0.17 до 3.9 сут и сокращаются с уменьшением R . Звезды имеют существенно большие T_{eff} , чем их спутники, которые могут быть звездами типа Ве. Пульсирующие гелиевые звезды являются компонентами относительно широких звездных систем с периодами, достигающими нескольких лет. Численность пульсирующих гелиевых звезд в Галактике составляет $\approx 10^3$.

25.05-01.422 К природе быстрых рентгеновских предвестников солнечных вспышек. *Зайцев В.В., Степанов А.В. Письма в Астрон. ж. 2025. 51, № 1, с. 38-41. Рус.*

Исследовано происхождение предвестников мягкого рентгеновского излучения, возникающих перед импульсной фазой вспышки и свидетельствующих о быстром нагреве оснований вспышечных магнитных петель до температур 10–15 МК. Показано, что скорость нагрева предвестников при наблюдаемой длительности $?10$ с должна на три порядка превышать скорость квазистационарного нагрева короны при сравнимых электрических токах. Предложено, что предвспышечный нагрев связан с резким возрастанием продольного электрического тока при развитии в хромосферных основаниях вспышечных петель неустойчивости Рэлея—Тейлора. Показано, что если величина импульсного тока превышает $10^{11}-10^{12}$ А, то темп джоулева нагрева плазмы опережает темп ионизации. В этом случае в течение процесса нагрева в плазме предвестника сохраняется относительно большое количество нейтралов, $n_p/n = 10^{-5}$, которое значительно превышает количество нейтралов в квазистационарной короне. Указанное обстоятельство обеспечивает быстрый нагрев области предвестника за счет увеличения скорости диссипации тока при сопротивлении Каулинга, связанного с ионно-атомными столкновениями.

25.05-01.423 Метод оценки пространственного периода энерговыделения в солнечных вспышках II. *Леденцов Л.С. Письма в Астрон. ж. 2025. 51, № 1, с. 42-52. Рус.*

Метод оценки пространственного периода энерговыделения в солнечных вспышках, основанный на применении анализа Фурье к разностным изображениям вспышечных аркад в далеком ультрафиолетовом диапазоне, опробован на наблюдениях крупной солнечной вспышки 4 ноября 2003 г. Вспышка произошла на краю диска Солнца; вспышечная аркада, про-

тянувшаяся вдоль солнечного лимба, была подробно снята в ультрафиолетовом канале 195 Å спутника TRACE. Фурье-анализ разностных изображений показал наличие ряда гармоник в пространственном распределении областей энерговыделения вспышки с характерными периодами, лежащими в диапазоне от 3.3 до 18.6 Мм. Подобная периодизация может быть результатом распада предвспышечного токового слоя, аккумулирующего энергию солнечной вспышки в корональных магнитных полях, в связи с некоторой неустойчивостью тепловой, плазменной или иной природы.

25.05-01.424 Сверхновая в потерянной общей оболочке и SN 2006gy. *Чугай Н.Н.* *Письма в Астрон. жс.* 2025. 51, № 2, с. 55-60. Рус.

Предложен механизм синхронизации взрыва сверхновой и потери водородной оболочки красного сверхгиганта в тесной двойной системе. Условие синхронизации — увеличение радиуса красного сверхгиганта в течение ≤ 10 лет перед коллапсом. Сценарий основан на явлении формирования в предсверхновых SN II околосредней плотной оболочки на финальной стадии ~ 10 лет в результате мощной потери массы. Предполагается, что сверхновая сверхвысокой светимости SN 2006gy является таким событием.

25.05-01.425 Об аккреции в поясе V379 Vir. *Сусликов М.В., Колбин А.И., Борисов Н.В.* *Письма в Астрон. жс.* 2025. 51, № 2, с. 61-71. Рус.

На основе данных оптических и инфракрасных обзоров, охватывающих ≈ 20 лет наблюдений, исследована долговременная переменность пояса с коричневым карликом V379 Vir. Путем моделирования спектрального распределения энергии получены оценки массы $M_1 = 0.61 \pm 0.05 M_{\odot}$ и температуры $T_{eff} = 10930 \pm 350$ К белого карлика. На основе фотометрии в ближнем инфракрасном диапазоне получен эффективный радиус донора $R_2 = 0.095 \pm 0.018 R_{\odot}$ и оценка его температуры $T_{eff} = 1600 \pm 180$ К. Выполнено моделирование циклотронного излучения аккреционного пятна, зарегистрированного инфракрасным телескопом Spitzer. Получена оценка температуры $M \approx 3 \cdot 10^{-13} M_{\odot}/\text{год}$, которая свойственна поясам в низком состоянии, но далека от оценок массопереноса при ветровой аккреции.

25.05-01.426 Дискотворный ветер как источник фотометрической активности молодых звезд в оптической и инфракрасной областях спектра. *Альбрант М.А., Гришин В.П.* *Письма в Астрон. жс.* 2025. 51, № 2, с. 72-82. Рус.

Исследуется влияние пылевой компоненты магнитоцентробежного дискового ветра на околосреднюю экстинкцию и инфракрасное тепловое излучение звезд типа Т Тельца. Показано, что при наблюдениях таких звезд под небольшим углом к плоскости диска усиление темпа аккреции может вызывать ослабление оптического блеска звезд и одновременно осуждение их инфракрасного излучения. Результаты расчетов обсуждаются в связи с наблюдениями глубоких минимумов в оптических кривых блеска звезд типа Т Тельца V1184 Tau и RW Aur.

25.05-01.427 IRAS 22272+5435 (V354 LAC): многоцветная фотометрия переменной углеродной POST-AGB звезды и эпизод формирования пыли. *Иконникова Н.П., Шенавин В.И., Комиссарова Г.В., Бурлак М.А.* *Письма в Астрон. жс.* 2025. 51, № 2, с. 83-93. Рус.

Представлены результаты нового этапа (2009-2024 гг.) UVB-наблюдений углеродного post-AGB объекта IRAS 22272+5435 (V354 Lac). Проведено исследование фотометрического поведения звезды за более чем 30 лет наблюдений (1991—2024 гг.). Звезда демонстрирует пульсации с двумя близкими периодами: 127 и 132 сут, что приводит к вариациям блеска с переменной амплитудой. Кроме того, обнаружены малоамплитудные колебания с периодом 661 сут, природа которых пока остается неясной. Исследование показателей цвета выявило как изменения температуры звезды при пульсациях, так и аномалии в спектральных характеристиках. Впервые проведен анализ многолетних наблюдений звезды в JKLM-полосах, полученных с 1994 по 2024 г. Зафиксировано повышение блеска звезды в KLM-полосах в 1996—2004 гг., связанное с дополнительным излучением пылевых структур, образовавшихся в результате внезапного выброса вещества звездой. Отсутствие заметных изме-

нений в оптическом диапазоне может указывать либо на большой угол между направлением выброса и лучом зрения, либо на низкую оптическую толщину сброшенной оболочки. Рассмотрены наблюдательные проявления и возможные механизмы эпизодического пылеобразования.

25.05-01.428 Формирование оптимального сценария наблюдений космического телескопа орбитального базирования с целью снижения расхода топлива. *Черненко О.С., Эйсмонт Н.А., Зубко В.А.* *Письма в Астрон. жс.* 2025. 51, № 2, с. 94-102. Рус.

Рассматривается оптимизация стратегии управления ориентацией орбитальных телескопов, находящихся в окрестности точки либрации L2 системы "Солнце-Земля с целью минимизации расхода рабочего тела системы управления движением. Анализируются изменения профиля миссии, приводящие к росту потребности в корректирующих маневрах, и предлагаются методы их сокращения за счет выбора оптимального сценария позиционирования космической обсерватории. Основное внимание уделено нахождению баланса между разгрузкой маховиков системы ориентации, сокращением топливных затрат и выполнением требований научных наблюдений. Показано, что применение предложенного подхода позволяет повысить устойчивость орбиты и продлить срок активной эксплуатации телескопов за счет снижения частоты коррекций и рационального использования управляющих импульсов.

25.05-01.429 Численное моделирование лучистых тепловых потоков на поверхности спускаемого аппарата, движущегося в атмосфере Венеры. *Минибеева Д.Э.* *Тр. МФТИ.* 2025. 17, № 2, с. 98-112. Рус.

Рассматривается задача численного моделирования распределения тепловых лучистых потоков по поверхности нового спускаемого аппарата — десантного модуля «Венера-Д» при его входе в атмосферу Венеры со второй космической скоростью в неравновесной постановке. Поля массовых концентраций и температур, необходимые для проведения моделирования, берутся из независимых численных расчетов. Приводится описание приближения, в котором производится вывод формулы для расчета лучистых потоков. Представлены результаты расчетов лучистых потоков в виде картины их распределения по поверхности спускаемого аппарата. Проведено сравнение равновесного и неравновесного подходов к расчету лучистых потоков в рассматриваемой задаче. Полученные решения демонстрируют удивительно близость друг к другу, что позволяет рассматривать равновесную модель как физически обоснованное упрощение для рассматриваемой задачи, обеспечивающее значительное снижение вычислительных затрат.

25.05-01.430 Крутильное альвеновское колебание в режиме шланговой неустойчивости как механизм расщепления плазмы в лабораторном эксперименте по моделированию корональной. *Корягин С.А., Викторов М.Е.* *Известия вузов. Радиофизика.* 2025. 68, № 3, с. 183-202. Рус.

Компактный лабораторный стенд «Солнечный ветер» (ИПФ РАН) формирует арочную структуру типа корональной петли, в которой плазменное давление варьируется от нуля до значения порядка и выше магнитного давления. Дуговой разряд в каждом из оснований магнитной трубки создаёт плазму, которая отличается существенно более высокой температурой ионов вдоль магнитной силовой линии, чем поперёк неё. В стационарном состоянии (когда ионное давление ниже порогового значения для разрыва системы в вершине петли) обнаружена стратификация плазмы в виде цилиндрического слоя по внешней стенке трубки либо, возможно, двух лент по верхнему и нижнему сводам арки. В работе обсуждается возбуждение крутильного альвеновского колебания в петле в режиме шланговой неустойчивости. В случае быстрого нарастания (с инкрементом порядка ионной циклотронной частоты) неустойчивое альвеновское колебание существенно перераспределяет частицы между центральной осью и стенкой трубки, что проявляет себя в виде наблюдаемого цилиндрического слоя.

25.05-01.431 Критические токи в корональных магнитных петлях и их возможное проявление во время вспышечных процессов. *Зайцев В.В., Симонова Т.В.*

Известия вузов. Радиофизика. 2025. 68, № 4, с. 269-278. Рус.

Исследовано условие равновесия корональной магнитной петли в виде тонкой магнитной трубки с электрическим током (обобщенный критерий Беннета). Рассмотрены случаи замыкания тока через поверхность петли и фотосферу. Показано, что в корональных петлях существует минимальный (критический) ток, при котором может существовать стационарная структура петли. Получена зависимость критического тока от давления и величины магнитного поля в петле. Значение тока внутри петли может становиться порядка или ниже критического в результате вспышечного процесса, сопровождающегося инжекцией хромосферной плазмы и увеличением газового давления внутри петли. Это может приводить к нарушению равновесия петли, в частности к изменению высоты и возбуждению осцилляций петли, что проиллюстрировано существующими данными наблюдений.

25.05-01.432 Исследование модели расчёта наведенного импульса тока в измерительных сетках датчика микрометеороидов и частиц космического мусора. *Телегин А.М., Калаев М.П., Воронов К.Е. Прикладная физика.* 2025, № 1, с. 5-10. Рус.

Выведено аналитическое выражение для наведенного импульса тока, который возбуждается на сеточном электроде при полете заряженной микрочастицы. Полученные данные могут быть использованы для анализа скорости и угла влета микрочастиц в сеточный датчик высокоскоростных микрочастиц.

25.05-01.433 Определение высот сопряжения корректоров волнового фронта многосопряжённых адаптивных оптических систем на основе моделей атмосферной турбулентности. *Мальцев Г.Н., Кошкаров А.С. Оптический журнал.* 2025. 92, № 2, с. 41-55. Рус.

Предмет исследования. Представлены методика и результаты аналитического определения высот сопряжения корректоров волнового фронта многосопряжённых адаптивных оптических систем на основе моделей атмосферной турбулентности. Цель работы. Обоснование методики аналитического определения высот сопряжения корректоров волнового фронта многосопряжённых адаптивных оптических систем на основе моделей атмосферной турбулентности. Основные результаты. Для стандартной модели атмосферы проведён анализ влияния различных слоёв атмосферной турбулентности на величину погрешности анизопланатизма и показано, что высоты слоёв, с которыми сопрягаются корректоры волнового фронта при многосопряжённой адаптивной коррекции, оказываются примерно одинаковыми при различной степени атмосферной турбулентности. Проведено сравнение величин остаточных погрешностей анизопланатизма и пространственной аппроксимации атмосферных фазовых искажений при многосопряжённой адаптивной фазовой коррекции и числа субапертур, требуемого для первого корректора волнового фронта, сопряжённого с приземным слоем атмосферы, и для других корректоров волнового фронта, сопряжённых с верхними слоями атмосферы. Показано, что первый корректор волнового фронта обеспечивает коррекцию фазовых искажений, влияющих на работу наземной оптической системы без учёта углового анизопланатизма, а остальные корректоры волнового фронта корректирует только атмосферные искажения, влияющие на угловой анизопланатизм. Практическая значимость. Полученные в работе результаты о количестве и качестве работы корректоров могут быть использованы при построении и модернизации существующих систем наблюдения ближнего космоса.

25.05-01.434 Выделение малококонтрастных смазанных объектов на космических изображениях с помощью свёрточных нейронных сетей. *Гмыря В.А., Трещалин А.П. Оптический журнал.* 2025. 92, № 4, с. 60-70. Рус.

Предмет исследования. Эффективность применения свёрточных нейронных сетей в задаче выделения малококонтрастных смазанных объектов на изображениях. Цель работы. Оценка точности и степени достоверности выделения малококонтрастных смазанных объектов с помощью свёрточных нейросетевых моделей. Установить, какие из исследованных нейросетей и при каких значениях отношения сигнал/шум объектов обеспечивают более высокие показатели, чем традиционный алгоритм,

основанный на пороговой обработке. Метод. В исследовании свёрточные нейронные сети применяются для получения бинарных масок изображений звёздного неба. С целью удаления шума осуществляется попиксельное умножение бинарной маски на исходное изображение. Результат умножения поступает на вход алгоритма центра масс для вычисления центроидов объектов. Для оценки точности выделения объектов использовались метрики качества сегментации и погрешности центрирования, а для оценки степени достоверности — коэффициент выделения. Основные результаты. Предложен алгоритм выделения объектов на основе свёрточной нейронной сети. Для генерации обучающего и тестового датасетов в среде программирования MATLAB был реализован алгоритм, моделирующий работу бортовой оптико-электронной системы космического аппарата. Установлено, что модели U-Net и SegNet являются более эффективным инструментом выделения малококонтрастных объектов, чем пороговая обработка. Определены диапазоны отношения сигнал/шум объектов, при которых данные архитектуры имеют наилучшие показатели эффективности выделения объектов. Практическая значимость. Предложенный алгоритм на основе нейросетевой модели позволяет выделять менее контрастные объекты, чем традиционный алгоритм, а также обеспечивает более низкую погрешность вычисления центроидов. Полученные в ходе исследования результаты послужат основой для дальнейшей работы, направленной на реализацию предложенного алгоритма выделения объектов в макете бортовой оптико-электронной системы космического аппарата.

25.05-01.435 Возможности обнаружения краёв солнечных пятен по изображениям, полученным с помощью датчика Шэка—Гартмана: применение метода Кенни. *Дрига М.Б., Шиховцев А.Ю., Ковadlo П.Г. Оптический журнал.* 2025. 92, № 6, с. 77-86. Рус.

Предмет исследования. Оптические искажения, формируемые в плоскости апертуры телескопа из-за действия атмосферной турбулентности вдоль линии визирования. Целью работы является разработка метода определения контуров и величин сдвига краёв солнечных пятен на основе массива изображений, регистрируемых с помощью датчика Шэка—Гартмана. Методы. Для определения контуров и величин сдвига краёв солнечных пятен на основе массива солнечных изображений, регистрируемых с помощью датчика Шэка—Гартмана, применён метод Джона Кенни. Оценка параметра Фрида для Большого солнечного вакуумного телескопа выполнена на основе расчёта дисперсии дифференциальных сдвигов солнечных пятен, рассчитанных с применением метода контуризации Джона Кенни. Основные результаты. В работе применены методы и алгоритмы компьютерного зрения для обработки субизображений, получаемых с помощью датчика Шэка—Гартмана. Предлагаемые алгоритмы контуризации и оценки параметра Фрида были адаптированы и применены для Большого солнечного вакуумного телескопа. Практическая значимость. Адаптированные в ходе работы методы компьютерного зрения могут быть использованы в приложении к системам адаптивной оптики, а также для развития методов измерений профилей атмосферной оптической турбулентности.

25.05-01.436 Фазовый переход в точке Большого взрыва в решеточной теории гравитации. *Вергелес С.Н. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2024. 166, № 6, с. 781-794. Рус.

Решеточная регуляризация теории гравитации дает новые возможности для изучения физики Большого взрыва. Доказано, что в изучаемой здесь 4D-решеточной модели гравитации существует высокотемпературная фаза, которая характеризуется обращением в нуль среднего тензора энергии-импульса материи и коллапсом пространства в точку. Показано также существование низкотемпературной фазы в длинноволновом пределе, геометрические свойства которой и динамика соответствуют известным представлениям: расширение Вселенной сначала идет по экспоненциальному закону, а затем плавно переходит на степенной режим.

25.05-01.437 Численное исследование ускорения релятивистских солнечных космических лучей ударными волнами со скоростями меньше 1000 км/с. *Танев С.Н. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 168, № 1, с. 68-87. Рус.

На основе теории диффузионного ускорения заряженных частиц проведено исследование численными методами спектров солнечных космических лучей, произведенных ударными волнами, образованными корональными выбросами массы, в нижней короне Солнца с известными параметрами солнечной плазмы. Показано, что на ударных волнах со скоростями, меньшими 1000 км/с, протоны могут быть ускорены до энергий $\gtrsim 10^5$ МэВ на расстоянии до $\sim 1.3R_{\odot}$ (R_{\odot} — радиус Солнца). Проанализировано формирование суммарного спектра $N(\varepsilon)$ ускоренных протонов и его квазиэкспоненциального «завала» (область кинетических энергий $\varepsilon \gtrsim \varepsilon_{max}$, где максимальная энергия ε_{max} — это энергия, разграничивающая основную часть и «завал» в спектре N), поскольку наиболее высокоэнергичные солнечные космические лучи, регистрируемые во время особенно мощных событий наземными детекторами (нейтронными мониторами и мюонными телескопами), принадлежат именно к «завалу» спектра N ускоренных частиц. Рассмотрено влияние величины напряженности магнитного поля и потока энергии альфвеновских волн в основании солнечной короны, а также показателя наклона спектра альфвеновских волн от частоты, на процесс ускорения протонов.

25.05-01.438 Конические сингулярности в геометрии Минковского. *Иванов М.Г., Хайдузов З.В. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 168, № 2, с. 181-195. Рус.

Строится полная классификация конических сингулярностей, возникающих при триангуляции двумерных поверхностей, при условии, что на каждом треугольнике имеет место геометрия Минковского или Евклида. Обсуждаются физический смысл нестандартных конусов и возможные применения построенной классификации к обобщению исчисления Редже.

25.05-01.439 Моделирование теней черных дыр в расширенных теориях гравитации: учет вращения и связанные эффекты. *Алексеев С.О., Зенин О.И., Байдерин А.О. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 167, № 4, с. 477-490. Рус.

С помощью улучшенной версии алгоритма Ньюмена—Яниса получены метрики для вращающихся черных дыр для выборки из теорий, расширяющих ОТО разными способами: модели Хорндески и бамбелби, скалярная гравитация Гаусса—Бонне, петлевая квантовая гравитация, конформная гравитация и $f(Q)$ -гравитация (симметричная телепараллельная гравитация). Полученные метрики используются для моделирования теней черных дыр. Показано, что для части моделей учет дополнительных параметров теорий ведет к появлению критических значений a_{crit} углового момента a . Когда a становится равно a_{crit} , тень перестает существовать. Подтверждается сделанный ранее вывод, что расширенная теория гравитации может как усиливать эффект вращения, так и ослаблять его. Это важно для дальнейшего моделирования профилей теней с учетом постоянно увеличивающейся точности фотографирования черных дыр. Таким образом, при учете вращения фотографии теней черных дыр, наравне с тестом GW170817 или постньютоновским формализмом, могут использоваться для проверки и ограничения расширенных теорий гравитации.

25.05-01.440 Проверка теорий гравитации в режиме описания ускоренного расширения Вселенной: радиус разворота. *Зенин О.И., Алексеев С.О. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 167, № 5, с. 680-684. Рус.

На основании определения радиуса разворота и того факта, что в настоящее время наилучшее согласие с наблюдательными данными на внегалактических масштабах дает применение общей теорией относительности с космологической постоянной, рассмотрено поведение на этих масштабах сферически-симметричных решений моделей Хорндески и Двали—Габададзе—Поратти. Таким образом, условия на радиус разворота вместе с астрономическими данными для скоплений галактик позволяют выявлять дополнительные ограничения на параметры расширенных теорий гравитации.

25.05-01.441 Аналитическая модель фотонного кольца с конечной толщиной. *Чернов С.В. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 167, № 6, с. 800-803. Рус.

Представлена аналитическая модель толстого асимметричного гауссова кольца для которой вычисляется функция видно-

сти в двух перпендикулярных направлениях для баз вплоть до 6 диаметра Земли.

25.05-01.442 Отскок в неминимальной эффективной модели скалярно-тензорной гравитации. *Алексеев С.О. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 167, № 1, с. 45-48. Рус.

Установлены необходимые условия реализации «отскока» масштабного фактора в начальный момент Вселенной для более широкого диапазона значений параметров. Этот факт представляется существенным как при дальнейшем построении теории квантовой гравитации, так и для рассмотрения последующей космологической эволюции на основании данной модели.

25.05-01.443 Спинорное поле в космологии FLRW: сферически-симметричный случай. *Spinor Field in FLRW Cosmology: Spherically Symmetric Case.* *Saha B. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 167, № 1, с. 49-58. Англ.

Within the scope of a spherically symmetric Friedmann—Lemaître—Robertson—Walker (FLRW) cosmological model we have studied the role of nonlinear spinor field in evolution of the universe. It is found that if the FLRW model given by the spherical coordinates the energy-momentum tensor (EMT) of the spinor field possesses nontrivial non-diagonal components. These non-diagonal components of EMT neither depend on the spinor field nonlinearity nor on the value of parameter κ defining the type of curvature of the FLRW model. The presence of such components imposes some restrictions on the spinor field. The problem is studied for open, flat and close geometries. In doing so we exploited the spinor description of sources such as perfect fluid and dark energies. Some qualitative numerical solutions are given.

25.05-01.444 Методы и перспективы наблюдательного поиска кротовых нор в астрофизических системах. *Моисеев Ю.А., Сажина О.С. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 167, № 2, с. 205-2019. Рус.

Исследуется возможность доказательства существования кротовых нор (КН) методами наблюдательной астрономии в ходе современных и будущих экспериментов путем обнаружения дополнительного возмущающего ускорения компонента астрофизической системы. Для этого протестированы два типа таких систем. Первый тип систем: сверхмассивные черные дыры (СМЧД) в центрах галактик как кандидаты в КН и ряд звезд, обращающихся по эллиптическим орбитам вокруг СМЧД. В данной работе рассматривается СМЧД в центре нашей Галактики. Второй тип систем: пары, состоящие из черной дыры (ЧД), которая выполняет роль кандидата в КН, и звезды (другой ЧД, нейтронной звезды, звезды класса О или класса В). В данной работе исследуются наблюдаемые пары из звезды (класса О и В) и ЧД, трактуемой как кандидат в КН. Моделируются пары из нейтронной звезды и КН. Для обоих типов систем показано, что в простой модели проходимой шварцшильдовской КН возмущающий объект (звезда), находящийся по другую сторону от горловины КН, способен вызывать значимое возмущающее ускорение объекта (звезды) на стороне наблюдателя. Также показано, что для систем первого типа этот эффект преобладает над основными конкурирующими эффектами: возмущением от окружающих звезд и от гало темной материи. Величина возмущающего ускорения, оцененная для реальных объектов, варьируется от 10^{-4} до 10^{-2} см/с², что в будущем при увеличении точности наблюдений позволит выявить искомый эффект. По состоянию на 2024 г. точность определения ускорения звезды в перигентре орбиты двойной системы в астрометрическом проекте Gaia, пересчитанная как функция ошибок наблюдения параметров двойной системы (масс каждой компоненты, эксцентриситета орбиты, периода), уже сопоставима с предсказываемой моделью расчетной величиной искомого эффекта. В синтетических системах, состоящих из проходимой КН, возмущающего объекта (звезды) по ту сторону от горловины КН и нейтронной звезды на стороне наблюдателя, при специальном подборе масс и параметров орбит эффект возмущающего ускорения достигает величины порядка 1.5 см/с², что делает исследуемый эффект критически значимым для поиска КН в нашей Галактике.

25.05-01.445 Комментарий к статье С. О. Алексеева и др. «Нелокальные гравитационные теории и изображения теней черных дыр» ЖЭТФ 165, 508 (2024). За-

харов А.Ф. *Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 167, № 2, с. 220-223. Рус.

В статье С. О. Алексеева и др. [С.О. Алексеев, А.А. Байдерин, А.В. Немтинова, О.И. Зенин, Нелокальные гравитационные теории и изображения теней черных дыр, ЖЭТФ. 2024. 165. 508] обсуждается возможность оценки спинов из анализа восстановления теней черных дыр, теоретически рассмотренных с использованием модели нелокальной гравитации, предложенной ранее для описания «квантовых» черных дыр. Однако по сути дела в этой работе рассмотрены круговые фотонные орбиты, а то, что соответствующие параметры движения определяют форму и размер теней, аналогично черным дырам Керра, осталось недоказанным. Недоказанным в работе осталось и утверждение о том, что для экваториального наблюдателя размер тени в направлении вращения «квантовых» черных дыр остается независимым от спина.

25.05-01.446 Ответ на комментарий к статье С. О. Алексеева и др. «Нелокальные гравитационные теории и изображения теней черных дыр ЖЭТФ 165, 508 (2024). Алексеев С.О., Немтинова А.В., Зенин О.И., Байдерин А.А. *Ж. эксперим. и теор. физ.* 2025. 167, № 2, с. 224-225. Рус.

DOI: 10.31857/S0044451025020075. А.Ф. Захаров, Комментарий к статье С.О. Алексеева и др. «Нелокальные гравитационные теории и изображения теней черных дыр, ЖЭТФ 165, 508 (2024), ЖЭТФ 167 (2) (2025).

25.05-01.447 Исследование быстро и медленно вращающихся астероидов, сближающихся с Землей: 2023 DZ2 и 96590 (1998 XB). Мартюшева А.А., Девяткин А.В., Львов В.Н., Горшанов Д.Л., Наумов К.Н. *Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 1968-1970. Рус.

В рамках "Пулковской программы изучения объектов, сближающихся с Землей" и проблемы астероидно-кометной опасности исследованы два околоземных астероида, 2023 DZ2 и 96590 (1998 XB), с периодами осевого вращения 360 и $1.872 \cdot 10^6$ с соответственно, что представляет собой очень быстрое и чрезвычайно медленное вращение. Изучена орбитальная эволюция данных объектов, обстоятельства их тесных сближений, влияние негравитационных эффектов. На основе полученных наблюдательных данных удалось определить период осевого вращения астероида 2023 DZ2. Ключевые слова: астероиды, орбитальная эволюция, негравитационные эффекты.

25.05-01.448 Разработка считывающей электроники с детекторов на основе кремниевых фотоумножителей. Тубольцев Ю.В., Богданов А.А., Чичагов Ю.В. *Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 1971-1974. Рус.

Предложены схемы оптимального считывания сигналов с кремниевых детекторов. Предложены способ увеличения детектирующей площади путем простейшего суммирования сигналов с нескольких детекторов и схема считывания с минимальным потреблением мощности. По разработанным схемам созданы детекторные пиксели на основе кремниевых фотоумножителей MicroFJ-60035 для двух детекторных кластеров, состоящих из 28 пикселей. Проведены испытания пикселя, показавшие возможность регистрации как единичных фотонов, так и потоков фотонов с большой интенсивностью. Разработан и создан опытный модуль прототипа детекторной камеры на базе кремниевых фотоумножителей MicroFC-60035. Ключевые слова: детекторы, кремниевые фотоумножители, считывающая электроника, схема съема сигнала.

25.05-01.449 Исследование механизмов генерации рентгеновского излучения в двойных рентгеновских системах на примере Лебеда X-1 в рамках формализма функций статистической памяти. Демин С.А., Минкин А.В., Демина Н.Ю. *Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 1975-1978. Рус.

Проведено исследование механизмов генерации излучения в двойных рентгеновских системах на основе формализма функций памяти. Метод применен для оценки временных параметров излучения рентгеновского источника Лебеда X-1 путем построения частотных составляющих автокорреляторов и их производных. Анализ функций и мер статистической памяти

демонстрирует внутреннюю структурную неоднородность генерирующего рентгеновское излучение аккреционного диска и невысокую скорость трансформации вещества. Временные периоды, соответствующие наиболее существенным изменениям потока рентгеновского излучения и характеризующие основную эволюцию двойной системы, равны нескольким суткам. Указаны возможные пути исследования эффектов синхронизации и перекрестных корреляций в сигналах аккрецирующих двойных систем, фиксируемых на разных частотных диапазонах. Ключевые слова: физика сложных систем, двойные рентгеновские системы, Лебедь X-1, формализм функций памяти, эффекты статистической памяти, аккреция.

25.05-01.450 Поиск проявления космологических реликтовых нейтрино в β -спектре ^{210}Bi . Дербин А.В., Драчнев И.С., Иванов Д.В., Муратова В.Н., Ниязова Н.В., Трушин М.В., Унжаков Е.В. *Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 1979-1983. Рус.

Представлены результаты анализа β -спектра ^{210}Bi в диапазоне 1162–1192 keV вблизи граничной энергии с целью оценки чувствительности спектрометра к реакции обратного β -распада $\nu + ^{210}\text{Bi} \rightarrow ^{210}\text{Po} + e^-$ для реликтовых нейтрино. Отсутствие статистически значимого числа таких событий позволило установить верхнее ограничение на произведение потока реликтовых нейтрино Φ_{ν} и сечения реакции σ_{ν} . Для нейтрино с массой $m_{\nu} \sim 0$ полученное ограничение составило $\sigma_{\nu} \Phi_{\nu} \leq 1.4 \cdot 10^{-12} \text{ s}^{-1}$ для 90% уровня достоверности. Ключевые слова: реликтовый нейтринный фон, стерильное нейтрино, бета-спектр.

25.05-01.451 Разработка прототипа камеры атмосферного черенковского телескопа ALEGRO. Богданов А.А., Тубольцев Ю.В., Репман Г.А., Красильщикова А.М., Холупенко Е.Е., Чичагов Ю.В. *Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 1984-1987. Рус.

Разработан малоразмерный прототип камеры черенковского телескопа ALEGRO. Обсуждены его устройство и конструкция. Создан и испытан макет канала регистрации прототипа камеры черенковского телескопа ALEGRO, на котором был отработан алгоритм работы и определены характеристики используемых кремниевых фотоумножителей и усилительного тракта. По результатам проведенных работ сделан вывод о возможности и перспективности создания уникальной высокогорной обсерватории ALEGRO для исследования гигаэлектронвольтового гамма-излучения энергичных космических объектов. Ключевые слова: кремниевые фотоумножители, камера телескопа, черенковский телескоп.

25.05-01.452 Математическое моделирование влияния локализованного гравитационного шума на распространение электромагнитного излучения в поле тяготения. Лукьянцев Д.С., Афанасьев Н.Т., Калашникова Е.И., Танаев А.Б. *Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 1988-1991. Рус.

Предложен численно-аналитический метод моделирования направления распространения и групповой задержки электромагнитного излучения в поле тяготения группы астрофизических объектов в присутствии локализованного гравитационного шума. Основу метода составляет решение стохастических дифференциальных уравнений Лагранжа—Эйлера, полученных из вариационного принципа Ферма. Процесс распространения излучения в стохастическом поле тяготения рассмотрен как процесс в евклидовом пространстве с эффективным показателем преломления вакуума, выраженного через гравитационный потенциал. Для расчета флуктуаций направления распространения излучения и оценки стохастического эффекта Шапиро используется теория возмущений. Приведены результаты расчетов боковых отклонений и дополнительной групповой задержки излучения для различных параметров гравитационного шума в поле тяготения группы астрофизических объектов. Ключевые слова: электромагнитное излучение, астрофизические объекты, геометрическая оптика, гравитационное линзирование, гравитационный шум.

25.05-01.453 Исследование частотно-фазовой синхронизации в динамике показателей солнечной активности методами неравновесной статистической физи-

ки. *Аверкиев Д.Э., Демин С.А., Панищев О.Ю. Журнал технической физики.* 2024. 94, № 12, с. 1992-1995. Рус.

Для понимания физико-химических процессов, реализуемых в конвективной зоне и внешних слоях атмосферы Солнца в рамках формализма функций памяти, проведена параметризация корреляций и эффектов частотно-фазовой синхронизации, выявляемых в щорихском ряде чисел Вольфа и наборе радиочастотных сигналов в метровом диапазоне. Вычислены характеристики спектров мощности кросскорреляционных функций и функций памяти, позволяющие оценить степень проявления частотно-фазовой синхронизации между указанными сигналами. Определены типы статистической памяти и пространственно-временные характеристики в одновременно регистрируемых сигналах. Ключевые слова: солнечная активность, формализм функций памяти, перекрестные корреляции, частотно-фазовая синхронизация, эффекты статистической памяти, радиоизлучение.

25.05-01.454 Циклы солнечной активности и климат Северного Полушария Земли. Огурцов М.Г. Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 1996-1998. Рус.

Возможность связи между долговременными вариациями климата Земли и солнечными циклами исследована при помощи: (а) шести реконструкций солнечной активности и (б) восьми палеореконовструкций температуры Северного Полушария. Оказалось, что в температуре Северного Полушария Земли присутствуют значимые вариации с периодами 86 и 190 лет, близкими к периодам соответствующих солнечных циклов Глайсберга (вековой) и Зюсса (двухвековой). Однако заметной корреляции между вековыми и двухвековыми периодичностями в климате и солнечной активности не было обнаружено. Обсуждены возможные причины слабости солнечно-климатической корреляции. Ключевые слова: солнечная активность, солнечная палеоастрофизика, климат.

25.05-01.455 Поиск широких атмосферных ливней с аномальной пространственно-временной структурой по данным установки Tunka-Grande. Иванова А.Л., Астапов И.И., Безвязыков П.А., Бонвеч Е.А., Блинов А., Бородин А.Н., Буднев Н.М., Булан А.В., Бусыгин П.В., Волков П.В., Волчугов П.А., Воронин Д.М., Гафаров А.Р., Гармаш А.Ю., Гребенюк В.М., Гресь О.А., Гресь Т.И., Гресь Е.О., Гринюк А.А., Гришин О.Г., Дячок А.Н., Ерофеева В.А., Журов Д.П., Загородников А.В., Зиракашвили В., Иванова А.Д., Илюшин М.А., Кабанник И.А., Калмыков Н.Н., Киндин В.В., Кирюхин С.Н., Кожин В.А., Кокоулин Р.П., Компаниец К.Г., Коростелева Е.Е., Кравченко Е.А., Крюков А.П., Кузьмичев Л.А., Кьявасса А., Лаврова М.В., Лагутин А.А., Лемешев Ю.Е., Лубсандоржиев Б.К., Лубсандоржиев Н.Б., Луканов А., Малахов С.Д., Миргазов Р.Р., Монхоев Р.Д., Окунева Э.А., Осипова Э.А., Пан А., Панов А.Д., Паньков Л.В., Пазоружов А.Л., Петрухин А.А., Подгрудков Д.А., Поддубный И., Попова Е.Г., Постников Е.Б., Просин В.В., Пушкин А.А., Райкин Р.И., Разумов А.В., Рубцов Г.И., Рябов Е.В., Сагдеева А.К., Сатышев И., Самолига В.С., Свишникова Л.Г., Сидоренков А.Ю., Силаев А.А., Силаев (мл.) А.А., Скурихин А.В., Соколов А.В., Таболенко В.А., Танаев А.Б., Терновой М.Ю., Ткачев Л.Г., Ушаков Н.А., Чернов Д.В., Шайковский А., Яшин И.И. Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 1999-2002. Рус.

Изнучена пространственно-временная структура широких атмосферных ливней по данным сцинтилляционной установки Tunka-Grande. Представлены результаты анализа временных разверток сигналов от широких атмосферных ливней с энергией выше 10 PeV. Ключевые слова: широкие атмосферные ливни, установка Tunka-Grande, многоимпульсный сигнал.

25.05-01.456 Многочастотное просвечивание возмущенной звездной короны сигналами дискретных космических источников. Танаев А.Б., Афанасьев Н.Т., Лукьянцев Д.С. Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2003-2005. Рус.

Для диагностики локализованных плазменных выбросов звездной короны по данным многочастотного электромагнитного просвечивания сигналами дискретных космических источников решена краевая траекторная задача. В качестве исходной взята система лучевых уравнений в трехмерном случае, дополненная уравнением для расчета групповой задержки сигналов. Решение получено в приближении метода возмущений с учетом сильных вариаций траектории. Сделан вывод функциональных соотношений, связывающих групповые задержки сигналов просвечивания на различных рабочих частотах с параметрами трехмерной структуры звездного коронального выброса. Показана возможность определения плотности регулярной фронтальной части выброса по данным многочастотных измерений групповых задержек сигналов просвечивания. Для оценки параметров коронального выброса рекомендуется использовать данные измерений групповых задержек сигналов просвечивания в радиодиапазоне, а также данные оптических наблюдений. Ключевые слова: звездная корона, дискретные источники, просвечивание, плазменные возмущения, диагностика, геометрическая оптика.

25.05-01.457 Исследования околортикальных мюонов в широких атмосферных ливнях при помощи детектора на многопроволочных дрейфовых камерах. Трошин И.Ю., Задеба Е.А., Воробьев В.С. Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2006-2008. Рус.

Рассмотрена конфигурация детектора с поглотителем на многопроволочных дрейфовых камерах для изучения околортикальных мюонов космических лучей высоких энергий. Ключевые слова: мюоны, дрейфовые камеры, широкие атмосферные ливни, космические лучи.

25.05-01.458 Фотометрические исследования астероидов с экстремальными периодами осевого вращения. Петрова С.Н., Горшанов Д.Л., Девяткин А.В., Руссов С.А. Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2009-2011. Рус.

В 2023—2024 гг. на телескопах Пулковской обсерватории выполнены фотометрические наблюдения трех астероидов в моменты их тесных сближений с Землей с целью получения кривых блеска и определения их периодов осевого вращения. На основе анализа кривых блеска определены периоды, два из которых оказались экстремально короткими (2023 BU-77.69±1.00 с, 2023 DZ2-376.49±1.00 с), а также была уточнена величина одного экстремально длинного периода (1998 XB-1913040±360 с). Ключевые слова: астероиды, фотометрия, кривая блеска.

25.05-01.459 Батарейный механизм Бирмана как источник магнитных полей в галактических и аккреционных дисках. Михайлов Е.А., Андреасян Р.Р., Марчевский И.К., Тян А.И. Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2012-2014. Рус.

Исследован механизм Бирмана применительно к аккреционным дискам. Определена роль механизма Бирмана в появлении затравочных полей. Исследования велись как с помощью методов усреднения, так и в рамках многочастичного моделирования. Ключевые слова: галактики, аккреционные диски, магнетизм.

25.05-01.460 Влияние атмосферного давления на вариации плотности потока частиц широких атмосферных ливней по экспериментальным данным установки Tunka-Grande. Малахов С.Д., Монхоев Р.Д., Астапов И.И., Безвязыков П.А., Бонвеч Е.А., Блинов А., Бородин А.Н., Буднев Н.М., Булан А.В., Бусыгин П.В., Волков П.В., Волчугов П.А., Воронин Д.М., Гафаров А.Р., Гармаш А.Ю., Гребенюк В.М., Гресь О.А., Гресь Т.И., Гресь Е.О., Гринюк А.А., Гришин О.Г., Дячок А.Н., Ерофеева В.А., Журов Д.П., Загородников А.В., Зиракашвили В., Иванова А.Д., Иванова А.Л., Илюшин М.А., Кабанник И.А., Калмыков Н.Н., Киндин В.В., Кирюхин С.Н., Кожин В.А., Кокоулин Р.П., Компаниец К.Г., Коростелева Е.Е., Кравченко Е.А., Крюков А.П., Кузьмичев Л.А., Кьявасса А., Лаврова М.В., Лагутин А.А., Лемешев Ю.Е., Лубсандоржиев Б.К., Лубсандоржиев Н.Б., Луканов А., Миргазов Р.Р.,

Окунева Э.А., Осипова Э.А., Пан А., Панов А.Д., Паньков Л.В., Пахорук А.Л., Петрухин А.А., Подгрудков Д.А., Поддубный И., Попова Е.Г., Постников Е.Б., Просин В.В., Пушин А.А., Райкин Р.И., Разумов А.В., Рубцов Г.И., Рябов Е.В., Сагдеева А.К., Самолига В.С., Сатыхиев И., Свешиникова Л.Г., Сидоренков А.Ю., Силаев А.А., Силаев (мл.) А.А., Скурихин А.В., Соколов А.В., Таболенко В.А., Танаев А.Б., Терновой М.Ю., Ткачев Л.Г., Ушаков Н.А., Чернов Д.В., Шайковский А., Яшин И.И. *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2015-2017. Рус.

Представлены результаты исследования барометрического эффекта на установке Tunka-Grande, являющейся частью астрофизического комплекса TAIGA и предназначенной для регистрации заряженной компоненты широкого атмосферных ливней от космических лучей высоких и сверхвысоких энергий. Ключевые слова: Tunka-Grande, космические лучи, широкие атмосферные ливни, барометрический коэффициент.

25.05-01.461 Гармонический анализ либрационной модели лунного жидкого ядра. *Загидуллин А.А., Петрова Н.К., Андреев А.О., Нефедьев Ю.А.* *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2018-2022. Рус.

Приведена методика построения теории вращения Луны, имеющей жидкое ядро. Решение задачи выполнено в рамках метода Пуанкаре, позволяющего рассматривать вращательное движение тела с полостью, заполненной однородной несжимаемой жидкостью, находящейся в гравитационном поле. Представлен математический аппарат решения подобной задачи для упрощенной модели двухслойной Луны. Ключевые слова: лунное ядро, физическая либрация Луны, метод Пуанкаре.

25.05-01.462 Оценка возможности применения гибридного подхода к поиску астрофизических гамма-квантов по данным черенковской и сцинтилляционной установок астрофизического комплекса TAIGA. *Самолига В.С., Астапов И.И., Безвьязиков П.А., Бонвеч Е.А., Блинов А., Бородин А.Н., Буднев Н.М., Булан А.В., Бусыгин П.В., Волков П.В., Волчугов П.А., Воронин Д.М., Гафаров А.Р., Гармаш А.Ю., Гребенюк В.М., Гресь О.А., Гресь Т.И., Гресь Е.О., Гринюк А.А., Гришин О.Г., Дячок А.Н., Ерофеева В.А., Журов Д.П., Загоронников А.В., Зирикашвили В., Иванова А.Д., Иванова А.Л., Илюшин М.А., Кабанчик И.А., Калмыков Н.Н., Киндин В.В., Кирихин С.Н., Кожин В.А., Кокоулин Р.П., Компаниец К.Г., Коростелева Е.Е., Кравченко Е.А., Крюков А.П., Кузьмичев Л.А., Кьявасса А., Лаврова М.В., Лагутин А.А., Лемешев Ю.Е., Лубсандоржиев Б.К., Лубсандоржиев Н.В., Луканов А., Малатов С.Д., Миргазов Р.Р., Монхоев Р.Д., Окунева Э.А., Осипова Э.А., Пан А., Панов А.Д., Паньков Л.В., Пахорук А.Л., Петрухин А.А., Подгрудков Д.А., Поддубный И., Попова Е.Г., Постников Е.Б., Просин В.В., Пушин А.А., Райкин Р.И., Разумов А.В., Рубцов Г.И., Рябов Е.В., Сагдеева А.К., Сатыхиев И., Свешиникова Л.Г., Сидоренков А.Ю., Силаев А.А., Скурихин А.В., Соколов А.В., Таболенко В.А., Танаев А.Б., Терновой М.Ю., Ткачев Л.Г., Ушаков Н.А., Чернов Д.В., Шайковский А., Яшин И.И.* *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2023-2027. Рус.

Представлены результаты анализа экспериментальных данных черенковской и сцинтилляционной установок астрофизического комплекса TAIGA. Приведены оценки количества космических гамма-квантов от Крабовидной туманности с энергией выше 100 TeV, которые могут быть зарегистрированы при совместной работе установок за один сезон измерений. Ключевые слова: гамма-астрономия, космические лучи, широкие атмосферные ливни, установка Tunka-Grande, установка TAIGA-HiSCORE.

25.05-01.463 Структурный анализ долгопериодической кометы Аренда—Роланда на основе гистограммного моделирования. *Чуркин К.О., Андреев А.О., Демина Н.Ю., Нефедьев Ю.А.* *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2028-2030. Рус.

Рассмотрена задача структурного анализа долгопериодической кометы Аренда—Роланда на основе гистограммного моделирования. В результате исследований определены динамические характеристики, связанные с излучением вещества из кометного ядра, получены параметры рассеянного в пространстве хвоста небесного тела. Ключевые слова: долгопериодические кометы, гистограммное моделирование, структурный анализ.

25.05-01.464 Динамические связи метеороидного потока Northern iota-Aquariids с околоземными астероидами. *Сергиенко М.В., Нефедьев Ю.А., Андреев А.О.* *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2031-2033. Рус.

Рассмотрено установление генетических связей метеороидного потока Northern iota-Aquariids с околоземными астероидами. Использован авторский синтетический метод. Для отождествления астероидов с высоким фактором связи $P \geq 0.6$ проведен многофакторный анализ их взаимосвязи с метеороидным потоком Northern iota-Aquariids. По результатам исследований установлено, что связь с потоком Northern iota-Aquariids имеют околоземные астероиды 2016EE27, 2015 DT198, 2019GD1, 2006PF1, 2006LA, 2002JS2, 2002PD11, 2003MT9. Ключевые слова: метеороидный поток, астероид, потухшая комета, генетические связи, околоземные объекты.

25.05-01.465 Анализ ударных лунных объектов с использованием методов глубокого машинного обучения и построения нейронных сетей. *Андреев А.О., Колосов Ю.А., Нефедьев Ю.А., Чуланцева Е.А.* *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2034-2036. Рус.

Рассмотрена задача построения каталога лунных ударных кратеров с использованием методов глубокого машинного обучения и построения нейронных сетей. Разработан метод анализа спутниковых наблюдений для выявления ударных образований на лунной поверхности. Проведен анализ структуры ударных объектов и их связи с медленными астероидами. Созданный каталог планируется в дальнейшем использовать для оценки содержания полезных ресурсов на Луне. Ключевые слова: околоземные астероиды, ударные кратеры, нейронные сети.

25.05-01.466 Анализ структурных свойств малой планеты Бенну с использованием гармонического анализа и фрактальной геометрии. *Колосов Ю.А., Андреев А.О., Ахмедшина Е.Н., Нефедьев Ю.А.* *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2037-2039. Рус.

Проведен комплексный анализ структурной модели астероида Бенну. Разработан авторский фрактальный метод для исследования безатмосферных малых тел Солнечной системы. Определены самоподобные области на поверхности Бенну, которые соответствуют одним и тем же эволюционным процессам, протекавшим на небесном объекте. Разработанный подход может быть применен для исследования других малых тел Солнечной системы. Ключевые слова: фрактальная геометрия, гармонический анализ, малая планета Бенну.

25.05-01.467 Создание гармонических моделей динамики полюсов планет на основе спутниковых наблюдений и корреляционно-спектрального подхода. *Мубаракшина Р.Р., Андреев А.О., Нефедьев Ю.А., Демина Н.Ю.* *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2040-2043. Рус.

Рассмотрены вопросы построения динамической модели полюса, позволяющей осуществлять прогнозирование движения полюса. Разработанный для этих целей метод основан на корреляционно-спектральном подходе и регрессионном моделировании. В результате выполнения работы, как практический пример, построены прогнозные значения движения земного полюса. Ключевые слова: динамика планет, движение полюса, регрессионное моделирование.

25.05-01.468 Дифференциальное вращение поверхности полярной шапки нейтронной звезды в случае наклонного магнитного поля. *Халыпин А.В., Барсуков Д.П.* *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 12, с. 2044-2047. Рус.

Рассмотрено течение, возникающее в жидком слое на поверхности нейтронной звезды, под действием электрического тока,

текущего сквозь магнитосферу в случае однородного магнитного поля, наклоненного к поверхности. Ключевые слова: радиоимпульсары, нейтронные звезды, магнитная гидродинамика.

25.05-01.469 Спектр позитронов при взаимодействии внегалактических гамма-квантов с мягкими фотонами фонового излучения. *Попов А.Н., Барсуков Д.П., Иванчик А.В., Бобашев С.В.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2048-2050. Рус.

Рассмотрено взаимодействие гамма-квантов внегалактического фонового излучения с мягкими фотонами внегалактического фонового излучения с образованием электрон-позитронных пар. Показано, что в этом случае большинство позитронов рождаются с энергией 10 GeV-1 TeV, однако взаимодействие "рентгеновских" фоновых фотонов может приводить к рождению позитронов с энергиями 10–100 keV. Ключевые слова: космология, фоновое излучения, позитроны.

25.05-01.470 Упругость мантии нейтронной звезды: влияние адсорбции нейтронов. *Земляков Н.А., Чугунов, А.И., Щечилин Н.Н.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2051-2054. Рус.

Проведен расчет модуля сжатия мантии нейтронной звезды в рамках термодинамически согласованной модели сжимаемой жидкой капли. Показано, что учет адсорбции нейтронов на поверхность нуклонных кластеров ведет к изменению модуля сжатия на ~10–20% в диапазоне средних концентраций нуклонов, типичных для мантии нейтронной звезды. Ключевые слова: нейтронная звезда, мантия, упругие свойства, фаза "спагетти-фаза "лазанья".

25.05-01.471 Неоднородности магнитных полей аккреционных дисков и их устойчивость. *Жижарева Е.Н., Михайлов Е.А.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2055-2057. Рус.

Магнитные поля аккреционных дисков могут играть важнейшую роль в их эволюции. Существуют различные способы объяснения их происхождения, одним из которых является механизм динамо. Учитывая форму объектов, представляется возможным использование планарного приближения, разработанного для тонких дисков. Представляет интерес вопрос о том, возможно ли в них продолжительное существование крупномасштабных неоднородностей магнитного поля. С помощью численного моделирования исследован вопрос о том, могут ли подобные особенности поддерживаться в аккреционных дисках. Получено, что устойчивы лишь осесимметричные структуры, азимутальные со временем размываются. Ключевые слова: устойчивость, динамо, аккреционные диски, магнетизм.

25.05-01.472 Моделирование сцинтилляционных экспериментов астрофизического комплекса TAIGA в программном пакете Geant4. *Терновой М.Ю., Астапов И.И., Безъязыков П.А., Бонвеч Е.А., Блинов А., Бородин А.Н., Буднев Н.М., Булан А.В., Бусыгин П.В., Волков Н.В., Волчугов П.А., Воронин Д.М., Гафаров А.Р., Гармаш А.Ю., Гребенюк В.М., Гресь О.А., Гресь Т.И., Гресь Е.О., Гринюк А.А., Гришин О.Г., Дячок А.Н., Ерофеева В.А., Журов Д.П., Загородников А.В., Зиракашвили В., Иванова А.Д., Иванова А.Л., Илюшин М.А., Кабанчик И.А., Калмыков Н.Н., Киндин В.В., Кирюхин С.Н., Кожин В.А., Кокоулин Р.П., Компаниец К.Г., Коростелева Е.Е., Кравченко Е.А., Крюков А.П., Кузьмичев Л.А., Кьявасса А., Лаврова М.В., Лагутин А.А., Лемешев Ю.Е., Лубсандоржиев Б.К., Лубсандоржиев Н.Б., Луканов А., Малазов С.Д., Миргазов Р.Р., Монжоев Р.Д., Окунева Э.А., Осипова Э.А., Пан А., Панов А.Д., Паньков Л.В., Пахоружков А.Л., Петрухин А.А., Подгрудков Д.А., Поддубный И., Попова Е.Г., Постников Е.Б., Просин В.В., Пушкин А.А., Райкин Р.И., Разумов А.В., Рубцов Г.И., Рябов Е.В., Сагдеева А.К., Сатыхиев И., Самолига В.С., Свешишникова Л.Г., Сидоренков А.Ю., Силаев А.А., Силаев(мл.) А.А., Скурихин А.В., Соколов А.В., Таболенко В.А., Танаев А.Б., Ткачев Л.Г., Ушаков Н.А., Чернов Д.В., Шайковский А., Яшин И.И.* Журнал технической физики. 2024.

94, № 12, с. 2058-2062. Рус.

Представлена компьютерная модель сцинтилляционных установок Tunka-Grande и TAIGA-Muon, нацеленных на исследования в области физики космических лучей и гаммаастрономии. Проведено сравнение результатов моделирования и экспериментальных данных. Ключевые слова: космические лучи, широкий атмосферный ливень, сцинтилляционный счетчик, установка TAIGA-Muon, установка Tunka-Grande, экспериментальный комплекс TAIGA, Geant4.

25.05-01.473 Моделирование прототипа подземной водной черенковской установки для гамма-обсерватории TAIGA. *Терновой М.Ю., Астапов И.И., Безъязыков П.А., Бонвеч Е.А., Блинов А., Бородин А.Н., Буднев Н.М., Булан А.В., Бусыгин П.В., Волков Н.В., Волчугов П.А., Воронин Д.М., Гафаров А.Р., Гармаш А.Ю., Гребенюк В.М., Гресь О.А., Гресь Т.И., Гресь Е.О., Гринюк А.А., Гришин О.Г., Дячок А.Н., Ерофеева В.А., Журов Д.П., Загородников А.В., Зиракашвили В., Иванова А.Д., Иванова А.Л., Илюшин М.А., Кабанчик И.А., Калмыков Н.Н., Киндин В.В., Кирюхин С.Н., Кожин В.А., Кокоулин Р.П., Компаниец К.Г., Коростелева Е.Е., Кравченко Е.А., Крюков А.П., Кузьмичев Л.А., Кьявасса А., Лаврова М.В., Лагутин А.А., Лемешев Ю.Е., Лубсандоржиев Б.К., Лубсандоржиев Н.Б., Луканов А., Малазов С.Д., Миргазов Р.Р., Монжоев Р.Д., Окунева Э.А., Осипова Э.А., Пан А., Панов А.Д., Паньков Л.В., Пахоружков А.Л., Петрухин А.А., Подгрудков Д.А., Поддубный И., Попова Е.Г., Постников Е.Б., Просин В.В., Пушкин А.А., Райкин Р.И., Разумов А.В., Рубцов Г.И., Рябов Е.В., Сагдеева А.К., Сатыхиев И., Самолига В.С., Свешишникова Л.Г., Сидоренков А.Ю., Силаев А.А., Силаев(мл.) А.А., Скурихин А.В., Соколов А.В., Таболенко В.А., Танаев А.Б., Ткачев Л.Г., Ушаков Н.А., Чернов Д.В., Шайковский А., Яшин И.И.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2063-2065. Рус.

Представлены концепт и результаты моделирования системы подземных водных черенковских детекторов, которые планируется добавить в состав астрофизического комплекса TAIGA для совместной работы с черенковской установкой TAIGA-HISCORE. Показано, что эта система за счет регистрации мюонной компоненты широких атмосферных ливней позволит точнее измерять массовый состав космических лучей и эффективно выделять космические гамма-кванты из фона заряженных космических лучей с энергией выше 1 PeV. Ключевые слова: экспериментальный комплекс TAIGA, космические лучи, широкие атмосферные ливни, CORSIKA.

25.05-01.474 Определение постоянной Хаббла по карликовым голубым галактикам. *Ананьев Я.О., Куричин О.А., Иванчик А.В.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2066-2068. Рус.

В современной космологии существует проблема "хаббловского кризиса" — рассогласование между независимыми оценками параметра Хаббла H_0 по реликтовому излучению и по локальным наблюдениям на уровне $\sim 4\sigma$. Накопление и уточнение наблюдательных данных может помочь решить эту проблему. Работа посвящена независимому определению H_0 из анализа шкалы расстояний голубых карликовых галактик. Для этого из каталога SDSS DR17 было отобрано 5605 объектов с красными смещениями $z < 0.3$. Из анализа выборки было получено значение $H_0 = 68.98 \pm 0.21$ km/s/Mpc, что хорошо согласуется с результатами других независимых исследований. Ключевые слова: постоянная Хаббла, III-области, карликовые галактики, космология.

25.05-01.475 Влияние лептонной асимметрии и стерильных нейтрино на первичный нуклеосинтез. *Щепкин А.А., Куричин О.А., Иванчик А.В.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2069-2071. Рус.

Определено соотношение между числом дополнительных релятивистских степеней свободы, ΔN_{eff} и параметром лептонной асимметрии нейтрино, ξ , в эпоху первичного нуклеосинтеза (ПН), при котором теоретически предсказываемое значе-

ние распространенности первичного ${}^4\text{He}$, Y_p , согласуется с величиной, определенной из наблюдений. Показано, что наличие легких полностью или частично термализованных стерильных нейтрино не будет противоречить наблюдательным данным по ПН при величине $\xi \sim 0.05$, что может быть сгенерировано в ранней Вселенной в рамках существующих моделей лептогенезиса и резонансных нейтринных осцилляций. Ключевые слова: ранняя Вселенная, первичный нуклеосинтез, стерильные нейтрино, лептонная асимметрия.

25.05-01.476 Влияние искривления пространства на момент инерции осесимметричного магнитного поля пульсара. *Матвеев А.А., Барсуков Д.П.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2072-2074. Рус.

Рассмотрено влияние искривления пространства на вклад в индекс торможения пульсара прецессией, вызванной моментом инерции его магнитного поля вне нейтронной звезды. Ключевые слова: радиопульсары, нейтронные звезды, прецессия.

25.05-01.477 Модификация способа измерения температуры реликтового излучения, основанного на эффекте Сюняева—Зельдовича. *Барышников И.А., Шеняевский В.А., Клименко В.В., Иванчик А.В.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2075-2077. Рус.

Независимые измерения температуры реликтового излучения T_0 в современную эпоху с использованием космологических данных чрезвычайно важны для верификации космологических моделей. Исследованы стандартная и новая процедуры измерения температуры реликтового излучения в методе, основанном на эффекте Сюняева—Зельдовича. Работа выполнена с помощью численного моделирования искусственного каталога измерений эффекта Сюняева—Зельдовича для скоплений. В результате было выяснено, что более точную оценку дает новая описанная в работе процедура. Также показано, что причиной расхождения в процедурах является неопределенность параметра пекулярной скорости β , входящего в эффект Сюняева—Зельдовича. Ключевые слова: реликтовое излучение, космология, эффект Сюняева—Зельдовича.

25.05-01.478 О вращении солнечной короны на различных стадиях одиннадцатилетнего цикла солнечной активности. *Дмитриев П.Б.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2078-2082. Рус.

Исследовано вращение солнечной короны на основе анализа вариаций значений суточных данных индекса солнечной активности — потока солнечного излучения на волне 10.7 см — для шести последовательных одиннадцатилетних солнечных циклов (с 19-го по 24-й). При помощи вычисленных временных диаграмм изменения значений выявленных квазипериодов во временной структуре радиоиндекса каждого цикла был сделан вывод, что корона на различных этапах одиннадцатилетнего солнечного цикла может проявлять свойства как дифференциального, так и "твердотельного" вращения. Ключевые слова: солнечная активность, фотосфера, корона, радиоизлучение, вращение.

25.05-01.479 Динамика земной ионосферы в сферических функциях. *Трофимов Д.А., Петров С.Д., Чекунов И.В., Щербакова Н.В.* Журнал технической физики. 2024. 94, № 12, с. 2083-2087. Рус.

Исследованы временные ряды коэффициентов сферического разложения глобальных карт полного электронного содержания ионосферы Земли. Продemonстрировано, что зональные гармоники хорошо коррелируют с одиннадцатилетним циклом солнечной активности, тессеральные гармоники 1-го порядка имеют ярко выраженную суточную периодичность. Полученные ряды коэффициентов сферического разложения будут использованы для построения модели ионосферы. Ключевые слова: полное электронное содержание, ионосфера, сферические функции.

25.05-01.480 Первый закон термодинамики де Ситтера. First law of de Sitter thermodynamics. *Volovik G.E.* Письма в ЖЭТФ. 2025. 122, № 10, с. 806-808. Англ.

The de Sitter state has a special symmetry: it is homogeneous, and its curvature is constant in space. Since all the points in the de Sitter space are equivalent, this state is described by local

thermodynamics. This state has the local temperature $T = H/\pi$ (which is twice the Gibbons—Hawking temperature), the local entropy density, the local energy density, and also the local gravitational degrees of freedom — the scalar curvature and the effective gravitational coupling γ . On the other hand, there is the cosmological horizon, which can be also characterized by the thermodynamic relations. We consider the connections between the local thermodynamics and the thermodynamics of the cosmological horizon. In particular, there is the holographic connection between the entropy density integrated over the Hubble volume and the Gibbons—Hawking entropy of the horizon, $S_{\text{volume}} = S_{\text{horizon}} = A/4G$. We also consider the first law of thermodynamics in these two approaches. In the local thermodynamics, on the one hand, the first law is valid for an arbitrary volume V of de Sitter space. On the other hand, the first law is also applicable to the thermodynamics of the horizon. In both cases, the temperature is the same. This consideration is extended to the contracting de Sitter with its negative entropy, $S_{\text{volume}} = S_{\text{horizon}} = A/4G$.

25.05-01.481 Программно-аппаратный комплекс для исследования воздействия плазмы на радиотехнические системы спускаемого космического аппарата. *Яшков С.А., Прокопенко Е.А., Дема И.А.* Приборы и техника эксперимента. 2024, № 3, с. 158-159. Рус.

DOI: 10.31857/S0032816224030242.

25.05-01.482 Лазерная калибровочная система нейтринного телескопа Baikal-GVD. *Аврорин А.В., Аврорин А.Д., Айнутдинов В.М., Алмазвердян В.А., Бардачова Э., Белолопчиков И.А., Бондарев Е.А., Борина И.В., Буднев Н.М., Гафаров А.Р., Голубков К.В., Горшков Н.С., Гресь Т.И., Дворничук Р., Джилкибаев Ж.А.М., Дик В.Я., Домогацкий Г.В., Дорошенко А.А., Дячок А.Н., Елжов Т.В., Заборов Д.Н., Завьялов С.И., Звездов Д.Ю., Кебквал В.К., Кебквал К.Г., Кожин В.А., Колбин М.М., Комагав С.О., Комищев К.В., Коробченко А.В., Кошечкин А.П., Круглов М.В., Кулепов В.Ф., Лемешев Ю.Е., Мошкунцов А.И., Миленин М.Б., Миргазов Р.Р., Наумов Д.В., Николаев А.С., Петухов Д.П., Плисковский Е.Н., Розанов М.И., Рябов Е.В., Сафронов Г.Б., Сеитова Д., Сиренко А.Э., Скурихин А.В., Соловьев А.Г., Сорокинов М.Н., Стромаков А.П., Суворова О.В., Таболенько В.А., Ульзутуев Б.Б., Файт Л., Фомин В.Н., Харуж И.В., Храмов Е.В., Чадымов В.А., Чепурнов А.С., Шайбонов Б.А., Шестаков А.А., Шилкин С.Д., Шимкович Ф., Шипилов Ю.А., Широков Е.В., Штекл И., Эцкерова Э., Яблокова Ю.В.* Приборы и техника эксперимента. 2024, № 5, с. 48-59. Рус.

Нейтринный телескоп Baikal-GVD находится в озере Байкал в стадии развертывания. Принцип его работы — регистрация черенковского излучения от продуктов взаимодействия нейтрино в водной среде озера трехмерным массивом фотодетекторов. Для калибровки и измерения характеристик регистрирующей системы телескопа используются лазерные источники света, специально разработанные для байкальского проекта. В статье описывается конструкция калибровочных лазерных источников, а также особенности функционирования таких источников, представлены результаты их эксплуатации в составе установки, обсуждаются вопросы дальнейшего развития лазерной калибровочной системы Baikal-GVD.

25.05-01.483 Экспериментальное исследование сеточного датчика для измерения вектора скорости микрометеороидов и частиц космического мусора. *Калаев М.П., Телегин А.М., Воронов К.Е.* Приборы и техника эксперимента. 2025, № 1, с. 154-160. Рус.

Приведено описание прототипа датчика для измерения вектора скорости микрометеороидов и частиц космического мусора на основе сеточных металлических электродов. Представлены результаты экспериментального исследования и предложения по дальнейшей модификации системы измерения.

25.05-01.484 Низкоэнергичные позитроны и гамма-кванты в Галактике. *Дрёмин И.М., Чернышов Д.О.* УФН. 2025. 195, № 7, с. 713-720. Рус.

Проблема рождения низкоэнергичных позитронов в Галактике и последующей электрон-позитронной аннигиляции с образованием гамма-квантов вызвала появление разных гипотез об их источниках. Высокая интенсивность гамма-излучения накладывает определённые ограничения на свойства таких источников. Приводятся оценки вклада космических лучей в произ-

водство низкоэнергичных позитронов, ответственных за формирование аннигиляционной линии с энергией 511 кэВ. Хотя темп рождения позитронов в космических лучах не может обеспечить аннигиляционное излучение всей Галактики, их вклад в производство позитронов не является пренебрежимо малым.

См. также **25.05-01.4**, **25.05-01.118**, **25.05-01.310**

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Abrosimov I.N. **25.05-01.93**
 Akindi A. **25.05-01.397**
 Albul V.I. **25.05-01.299**
 Albusaidi Q. **25.05-01.397**
 Alshuaili I.Y.K. **25.05-01.397**
 Andriyanov Yu.V. **25.05-01.56,**
25.05-01.293
 Andriyanova O.N. **25.05-01.56,**
25.05-01.293
 Antonov Artem M. **25.05-01.57**
 Apolonskij A.A. **25.05-01.96**
 Avdoshin E.S. **25.05-01.104**

В

Bagaudinov K.G. **25.05-01.56**
 Batyushin G.N. **25.05-01.199**
 Bavizhev M.D. **25.05-01.302**
 Bezotvetnykh V.V. **25.05-01.155,**
25.05-01.160
 Boev S.G. **25.05-01.73**
 Bogdanova Kh.G. **25.05-01.62**
 Borshchan V.S. **25.05-01.303**
 Burlikov V.L. **25.05-01.302**
 Bychkov V.B. **25.05-01.299**

D

Demidov V.S. **25.05-01.299**
 Demidova E.V. **25.05-01.299**
 Demin V.M. **25.05-01.292**
 Dobershtejn S.A. **25.05-01.81**
 Dolgikh G.I. **25.05-01.199**
 Dolgikh S.G. **25.05-01.199**
 D'yachko A.N. **25.05-01.94**
 Dyachok Ya.I. **25.05-01.105**

E

Ekimenko V.Yu. **25.05-01.95**
 Epifanov Victor P. **25.05-01.119**
 Erofeev Vladimir I. **25.05-01.57**

F

Feizkhanov U.F. **25.05-01.299**

G

Garilevich B.A. **25.05-01.56**
 Golenishchev-Kutuzov V.A. **25.05-01.62**
 Golubev Vasily I. **25.05-01.119**
 Grafodatskij O.S. **25.05-01.95**
 Grigor'ev M.A. **25.05-01.63**
 Gusev K.E. **25.05-01.299**
 Guseva Evgeniya K. **25.05-01.119**

I

Issa Salim Aal Alshaikh **25.05-01.397**
 Ivanov A.I. **25.05-01.97**
 Ivanov V.V. **25.05-01.212**

K

Kamenev S.I. **25.05-01.155,**
25.05-01.160
 Kargapol'tsev A.V. **25.05-01.95,**
25.05-01.302
 Kashchenko N.M. **25.05-01.64**

Khaldeeva N.A. **25.05-01.299**
 Kharionovskij A.V. **25.05-01.61**
 Kokshajskij I.N. **25.05-01.106,**
25.05-01.211
 Komotskij V.A. **25.05-01.64**
 Konovalov S.L. **25.05-01.299**
 Koren' I.A. **25.05-01.199**
 Korobov A.I. **25.05-01.106,**
25.05-01.211
 Kovalev S.N. **25.05-01.199**
 Kozodoj P.V. **25.05-01.293**
 Krishna Mandala **25.05-01.415**
 Kurchanov A.F. **25.05-01.299**
 Kuz'min A.N. **25.05-01.73**
 Kuz'min E.V. **25.05-01.155,**
25.05-01.160
 Кьявасса А. **25.05-01.462**

L

Labutin S.A. **25.05-01.212**
 Lementueva R.A. **25.05-01.292**
 Lopatkin S.A. **25.05-01.73**
 Los' V.F. **25.05-01.292**
 Luk'yashin V.E. **25.05-01.299**
 Lyashuk V.I. **25.05-01.299**

M

Majbuk Z.Yu.Ya. **25.05-01.292**
 Maksimov D.V. **25.05-01.56**
 Malkhanov Alexey O. **25.05-01.57**
 Malyukhov V.A. **25.05-01.81**
 Mednikov A.M. **25.05-01.93**
 Melikhov S.V. **25.05-01.94**
 Mel'nikov V.I. **25.05-01.212**
 Morgunov Yu.N. **25.05-01.155,**
25.05-01.160

N

Nikolaenko K.V. **25.05-01.81**
 Nikulin V.F. **25.05-01.64**
 Novikov E.G. **25.05-01.299**
 Nuzhdenko A.V. **25.05-01.155,**
25.05-01.160

O

Odina N.I. **25.05-01.106**
 Onufriev A.V. **25.05-01.105**
 Ovcharenko V.V. **25.05-01.199**

P

Paderin V.A. **25.05-01.73**
 Petrov Igor B. **25.05-01.119**
 Petukhov M.V. **25.05-01.93**
 Pyshnaya S.V. **25.05-01.300**
 Pyshnyj M.F. **25.05-01.300**

R

Ramanamurty M. **25.05-01.414**
 Rezvov Yu.G. **25.05-01.303**
 Rostovtsev A.A. **25.05-01.299**
 Rudenko V.N. **25.05-01.95**
 Rykov V.V. **25.05-01.61**

S

Saatov E.A. **25.05-01.93**
 Saha B. **25.05-01.443**
 Santhikumar Rajamahanthi
25.05-01.414, 25.05-01.415
 Shakirzyanov M.M. **25.05-01.62**
 Shcherbakov Yu.M. **25.05-01.97**
 Simanchuk V.I. **25.05-01.95,**
25.05-01.302
 Sivkova O.D. **25.05-01.303**
 Smolekho Irina V. **25.05-01.28**
 Sobhanbabu K. **25.05-01.414**
 Sobhanbabu Koppala **25.05-01.415**
 Sokolov A.Yu. **25.05-01.299**
 Sulajmanov R.T. **25.05-01.96**

T

Teofilo-Salvador E. **25.05-01.418**
 Titov A.A. **25.05-01.94**
 Tolstikov A.V. **25.05-01.63**

V

Valentin D.I. **25.05-01.199**
 Verkhoturov V.I. **25.05-01.95**
 Volovik G.E. **25.05-01.480**
 Vorob'ev S.A. **25.05-01.302**
 Voronov B.B. **25.05-01.211**

Y

Yakovenko S.V. **25.05-01.199**
 Yakubovskij M.I. **25.05-01.105**

Z

Zhukov V.K. **25.05-01.95**

А

А.И. **25.05-01.470**
 Аванесов Г.А. **25.05-01.378**
 Аверин С.В. **25.05-01.101**
 Аверкиев Д.Э. **25.05-01.453**
 Аврорин А.В. **25.05-01.482**
 Аврорин А.Д. **25.05-01.482**
 Агафонов А.В. **25.05-01.222**
 Азизян Г.В. **25.05-01.170**
 Айвазян Г.Е. **25.05-01.170**
 Айнутдинов В.М. **25.05-01.482**
 Акперов М.Г. **25.05-01.394**
 Аксенов Г.П. **25.05-01.4**
 Акуличев В.А. **25.05-01.159**
 Александрин С.Ю. **25.05-01.409,**
25.05-01.410
 Александров В.А. **25.05-01.291**
 Александрова А.Г. **25.05-01.377**
 Алексеев Д.М. **25.05-01.55**
 Алексеев С.О. **25.05-01.439,**
25.05-01.440, 25.05-01.442,
25.05-01.446
 Аленичев А.А. **25.05-01.147**
 Алипов А.В. **25.05-01.280**
 Аллахвердян В.А. **25.05-01.482**
 Алферов В.Н. **25.05-01.301**
 Альбрант М.А. **25.05-01.426**
 Амелькин Н.И. **25.05-01.313,**
25.05-01.317
 Аммосов П.П. **25.05-01.387**
 Ананьев Я.О. **25.05-01.474**
 Андреасян Р.Р. **25.05-01.459**

- Андреев А.О. 25.05-01.461,
 25.05-01.463, 25.05-01.464,
 25.05-01.465, 25.05-01.466,
 25.05-01.467
 Андреев В.А. 25.05-01.268
 Андреев М.Я. 25.05-01.145
 Андреева Е.С. 25.05-01.334
 Андреева И.Г. 25.05-01.219
 Андреева О.В. 25.05-01.359
 Андреевский С.Е. 25.05-01.334
 Анисимкин В.И. 25.05-01.84
 Анисимов А.В. 25.05-01.74
 Анисимов С.В. 25.05-01.408
 Анохин К.В. 25.05-01.7
 Антипова К.Г. 25.05-01.298
 Антонов А.М. 25.05-01.79
 Антонова Е.Е. 25.05-01.388
 Антохина О.Ю. 25.05-01.405
 Арансон И.С. 25.05-01.7
 Артамонов М.Ф. 25.05-01.405
 Артюшенко В.М. 25.05-01.138
 Артюшенко А.П. 25.05-01.207
 Астанков А.М. 25.05-01.290
 Астапов И.И. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Астапов Я.К. 25.05-01.42
 Афанасов Е.Н. 25.05-01.13
 Афанасьев М.А. 25.05-01.275
 Афанасьев Н.Т. 25.05-01.452,
 25.05-01.456
 Ахмеджанов Ф. 25.05-01.70
 Ахмеджанов Ф.Р. 25.05-01.69
 Ахмедшина Е.Н. 25.05-01.466
 Ахметшин Р. 25.05-01.330
 Ахобадзе Г.Н. 25.05-01.297
- ## Б
- Багуля А.В. 25.05-01.416
 Багдади М.К. 25.05-01.180
 Баженов В.Г. 25.05-01.26
 Базилевский А.Т. 25.05-01.371
 Байдерин А.А. 25.05-01.446
 Байдерин А.О. 25.05-01.439
 Баишев Д.Г. 25.05-01.387,
 25.05-01.402
 Бакшеев В.Г. 25.05-01.307
 Балакирева Н.В. 25.05-01.163
 Балдычев С.В. 25.05-01.244
 Бао Ф. 25.05-01.288, 25.05-01.289
 Барат В.А. 25.05-01.237,
 25.05-01.279
 Бардаков В.В. 25.05-01.237
 Бардачова З. 25.05-01.482
 Барков А.В. 25.05-01.306
 Баркова Н.А. 25.05-01.306
 Барсуков Д.П. 25.05-01.468,
 25.05-01.469, 25.05-01.476
 Барышников И.А. 25.05-01.477
 Башкарев В.А. 25.05-01.124
 Башков И.О. 25.05-01.288
 Башков О.В. 25.05-01.286,
 25.05-01.287, 25.05-01.288,
 25.05-01.289
 Безответных В.В. 25.05-01.109,
 25.05-01.159
 Безъязыков П.А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Белецкий А.Б. 25.05-01.390
 Белолептиков И.А. 25.05-01.482
 Белоусова А.С. 25.05-01.101
 Белоченко К.В. 25.05-01.404
 Беляев А.А. 25.05-01.351
 Беляев В.С. 25.05-01.265
 Беляев Ф.С. 25.05-01.44
 Беляева Е.К. 25.05-01.333
 Бенгард А.В. 25.05-01.135,
 25.05-01.139
 Бережко П.Г. 25.05-01.246,
 25.05-01.247
 Березуцкий А.Г. 25.05-01.327
 Бернгардт О.И. 25.05-01.400
 Бивол Г.Ю. 25.05-01.175
 Бигус Г.А. 25.05-01.274
 Блинова Е.В. 25.05-01.377
 Блинов А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Блинов Д.А. 25.05-01.157
 Блинова А.В. 25.05-01.294
 Бобашев С.В. 25.05-01.469
 Бобриков И.С. 25.05-01.129
 Бобров А.Л. 25.05-01.273
 Бобров В.В. 25.05-01.156
 Богачёв А.Н. 25.05-01.371
 Богачёв С.А. 25.05-01.335,
 25.05-01.336, 25.05-01.339
 Богаченков А.Н. 25.05-01.298
 Богдан О.П. 25.05-01.294
 Богданов А.А. 25.05-01.448,
 25.05-01.451
 Болотнова Р.Х. 25.05-01.30
 Бонвеч Е.А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Бондарев Е.А. 25.05-01.482
 Бордовицына Т.В. 25.05-01.377
 Борина И.В. 25.05-01.482
 Борисов Н.В. 25.05-01.425
 Бородин А.Н. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Ботвина Л.Р. 25.05-01.229,
 25.05-01.230
 Бражников А.М. 25.05-01.87,
 25.05-01.208
 Брутян М.А. 25.05-01.181
 Брянский А.А. 25.05-01.286
 Буднев Н.М. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473,
 25.05-01.482
 Будникова Д.А. 25.05-01.47
 Будовский А.Д. 25.05-01.52
 Булан А.В. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Булатов В.В. 25.05-01.131
 Булатова Н.Р. 25.05-01.394
 Булюк А.Н. 25.05-01.101
 Бурдуковская В.Г. 25.05-01.164
 Бурков С.И. 25.05-01.90
 Бурлак М.А. 25.05-01.427
 Бурцев М.А. 25.05-01.353
 Бусыгин П.В. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Бутусов О.Б. 25.05-01.284,
 25.05-01.285
 Бутырский Е.Ю. 25.05-01.165
 Бушуева И.С. 25.05-01.360
 Бычков В.Б. 25.05-01.265
 Бычков О.П. 25.05-01.177
- ## В
- Вагапов М.А. 25.05-01.231
 Валиахметова О.Ю. 25.05-01.54
 Варданян А.А. 25.05-01.170
 Васильев В.В. 25.05-01.310
 Васильев Д.А. 25.05-01.301
 Васильев И.Е. 25.05-01.282
 Васильев К.М. 25.05-01.407
 Васильев Р.В. 25.05-01.407
 Васильева М.А. 25.05-01.374,
 25.05-01.384
 Васильева С.Г. 25.05-01.298
 Васькова В.С. 25.05-01.385
 Ватульян А.О. 25.05-01.32
 Ведешин Л.А. 25.05-01.357
 Вергелес С.Н. 25.05-01.436
 Веретенников А.А. 25.05-01.250
 Веснин А.М. 25.05-01.404
 Викторов М.Е. 25.05-01.430
 Виноградов А.В. 25.05-01.126
 Виноградов А.Ю. 25.05-01.224,
 25.05-01.231
 Владимиров И.Ю. 25.05-01.131
 Власов А.А. 25.05-01.156,
 25.05-01.403
 Войтов А.А. 25.05-01.142
 Войтов Д.В. 25.05-01.161
 Воликов М.С. 25.05-01.115
 Волков А.Е. 25.05-01.44
 Волков Н.В. 25.05-01.472,
 25.05-01.473
 Волков П.В. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462
 Волкова А.А. 25.05-01.151
 Волон В.А. 25.05-01.371
 Воловач В.И. 25.05-01.138
 Волошина В.Ю. 25.05-01.276,
 25.05-01.277
 Волчугов П.А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Вольвач А.Е. 25.05-01.322
 Воробьев В.С. 25.05-01.457
 Воронин Д.М. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Воронко А.И. 25.05-01.101
 Воронов К.Е. 25.05-01.432,
 25.05-01.483
 Воронова Е.А. 25.05-01.392
 Воронова Н.В. 25.05-01.84
 Воронцов В.И. 25.05-01.19
 Вотяков С.В. 25.05-01.157
 Вьюненко Ю.Н. 25.05-01.268
- ## Г
- Гаврилов Л.Р. 25.05-01.66
 Гаврильева Г.А. 25.05-01.387
 Гайнуллина Э.Ф. 25.05-01.30
 Ганигин С.Ю. 25.05-01.87,
 25.05-01.208
 Гармаш А.Ю. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Гасанов М.Ф. 25.05-01.263,
 25.05-01.264
 Гафаров А.Р. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473,
 25.05-01.482
 Гачева А.Г. 25.05-01.368
 Гвоздиков Е.В. 25.05-01.91
 Гельгор А.Л. 25.05-01.133
 Герасютин С.А. 25.05-01.357,
 25.05-01.364
 Германчук М.С. 25.05-01.25
 Гивишвили Г.В. 25.05-01.389

Гиляров В.Л. 25.05-01.235
Гималтдинов И.К. 25.05-01.54
Гладышева Ю.Г. 25.05-01.321
Глоба М.В. 25.05-01.395
Гмыря В.А. 25.05-01.434
Гневко А.И. 25.05-01.241
Гобызов О.В. 25.05-01.52
Говердовский В.Н. 25.05-01.183
Говорова А.Ф. 25.05-01.344,
25.05-01.356, 25.05-01.367
Голдовский В.З. 25.05-01.126
Голиков И.А. 25.05-01.406
Голов А.А. 25.05-01.109
Голованова А.В. 25.05-01.361
Головастов С.В. 25.05-01.175
Гололобов А.Ю. 25.05-01.406
Голуб В.В. 25.05-01.175
Голубев Ю.Ф. 25.05-01.331
Голубков К.В. 25.05-01.482
Гомера А.В. 25.05-01.243
Гомера В.П. 25.05-01.227,
25.05-01.243
Гонц Д.А. 25.05-01.179
Горбан А.С. 25.05-01.419
Горбатиков А.В. 25.05-01.186
Горбачёв А.А. 25.05-01.100
Горбачев И.А. 25.05-01.83,
25.05-01.84
Горбачев М.М. 25.05-01.27
Горнев Е.С. 25.05-01.84
Горшанов Д.Л. 25.05-01.373,
25.05-01.382, 25.05-01.447,
25.05-01.458
Горшков Н.С. 25.05-01.482
Горшонков А.С. 25.05-01.202
Гочаков А.В. 25.05-01.405
Градова О.В. 25.05-01.203
Гранкин К.Н. 25.05-01.323,
25.05-01.326
Грачев В.И. 25.05-01.110,
25.05-01.111, 25.05-01.123,
25.05-01.124
Гребенев С.А. 25.05-01.345
Гребенюк В.М. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Гребенюк И.В. 25.05-01.112,
25.05-01.156
Гресь Е.О. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Гресь О.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Гресь Т.И. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473,
25.05-01.482
Гречнев В.В. 25.05-01.395
Григорьев В.Г. 25.05-01.387
Григорьев В.М. 25.05-01.386
Григорьев Е.В. 25.05-01.240
Григорьев Т.Е. 25.05-01.298
Григорьева А.В. 25.05-01.227
Гринин В.П. 25.05-01.426
Гринюк А.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Гришанина Т.В. 25.05-01.179
Гришин В.М. 25.05-01.416
Гришин О.Г. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Грищенко Д.В. 25.05-01.306
Грунская Л.В. 25.05-01.417

Грушевский А.В. 25.05-01.331
Гусев В.А. 25.05-01.55
Гусев В.Д. 25.05-01.376
Гусева Н.К. 25.05-01.371

Д

Давлетбаев А.Я. 25.05-01.22
Давыдов Д.А. 25.05-01.143,
25.05-01.153
Дамаскинская Е.Е. 25.05-01.185,
25.05-01.235
Дамдинов Б.Б. 25.05-01.68
Данцевич И.М. 25.05-01.137
Данюк А.В. 25.05-01.275
Дацук Е.Р. 25.05-01.83, 25.05-01.85,
25.05-01.86
Дворниcki Р. 25.05-01.482
Девяткин А.В. 25.05-01.373,
25.05-01.382, 25.05-01.447,
25.05-01.458
Дежин В.В. 25.05-01.248,
25.05-01.249
Дема И.А. 25.05-01.481
Дементьев И.И. 25.05-01.210
Демин С.А. 25.05-01.449,
25.05-01.453
Демина Н.Ю. 25.05-01.449,
25.05-01.463, 25.05-01.467
Демьяшев С.Г. 25.05-01.80
Демьянов М.А. 25.05-01.177
Демьянюк Д.Н. 25.05-01.158
Денисов А.А. 25.05-01.263,
25.05-01.264
Денисов Л.А. 25.05-01.294
Денисов С.Л. 25.05-01.19
Дербин А.В. 25.05-01.450
Деркачев И.С. 25.05-01.259
Джилкибаев Ж.А.М. 25.05-01.482
Дивин А.В. 25.05-01.327
Диденкулов И.Н. 25.05-01.197
Дик В.Я. 25.05-01.482
Дмитриев В.Ф. 25.05-01.210
Дмитриев К.В. 25.05-01.108
Дмитриев П.Б. 25.05-01.478
Дмитриев Э.М. 25.05-01.408
Домогацкий Г.В. 25.05-01.482
Дорошенко А.А. 25.05-01.482
Доценко В.В. 25.05-01.176
Дранников А.В. 25.05-01.132
Драченко В.Н. 25.05-01.148
Драчнев И.С. 25.05-01.450
Дрёмин И.М. 25.05-01.484
Дрига М.Б. 25.05-01.435
Ду Ч.-Р. 25.05-01.76
Дунаева А.Ю. 25.05-01.368
Душкин А.В. 25.05-01.218
Дьяченко А.В. 25.05-01.27
Дюкина Н.С. 25.05-01.26
Дячок А.Н. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473,
25.05-01.482

Е

Евдокимов Р.А. 25.05-01.379
Евсютин О.О. 25.05-01.218
Егорова А.Д. 25.05-01.306
Егошин О.О. 25.05-01.202
Елжов Т.В. 25.05-01.482
Елизаров С.В. 25.05-01.237,
25.05-01.279
Емельянова Е.Ю. 25.05-01.176
Ермаков Я.Д. 25.05-01.36

Ермакова Е.Н. 25.05-01.408
Ермакова Л.В. 25.05-01.386
Ермилов М.А. 25.05-01.295
Ермошкин Д.С. 25.05-01.158
Ерофеев В.И. 25.05-01.15,
25.05-01.36
Ерофеева В.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473

Ж

Жарков Д.А. 25.05-01.17
Желтов М.А. 25.05-01.263,
25.05-01.264
Жилкин А.Г. 25.05-01.321
Жилкин Е.В. 25.05-01.247
Жихарева Е.Н. 25.05-01.471
Жостков Р.А. 25.05-01.17
Жужулина Е.А. 25.05-01.324
Жуков А.В. 25.05-01.238,
25.05-01.253
Жуков Б.С. 25.05-01.378
Журавлев Ю.Н. 25.05-01.91
Журов Д.П. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473

З

Заборов Д.Н. 25.05-01.482
Заборский С.А. 25.05-01.333
Забродина О.Ю. 25.05-01.246,
25.05-01.247
Завьялов И.Ю. 25.05-01.372
Завьялов С.И. 25.05-01.482
Загайнова Ю.С. 25.05-01.398
Загидуллин А.А. 25.05-01.461
Загидуллин Ю.Т. 25.05-01.209
Загородников А.В. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Задеба Е.А. 25.05-01.457
Зайков В.И. 25.05-01.288
Зайцев В.В. 25.05-01.422,
25.05-01.431
Зайцева Д.В. 25.05-01.169
Зайцева Л.Г. 25.05-01.219
Зайцева С.Г. 25.05-01.163
Заморин Д.А. 25.05-01.76
Захаров А.Ф. 25.05-01.445
Захаров В.И. 25.05-01.394
Захаров Д.А. 25.05-01.278
Захаров Ю.П. 25.05-01.327
Звездов Д.Ю. 25.05-01.482
Зеленый Л.М. 25.05-01.347
Земляков Н.А. 25.05-01.470
Зенин О.И. 25.05-01.439,
25.05-01.440, 25.05-01.446
Зенченко Т.А. 25.05-01.341
Зимин А.В. 25.05-01.115
Зимовец И.В. 25.05-01.337
Зиракашвили В. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Зобнин А.В. 25.05-01.76
Зобнин П.Ю. 25.05-01.271,
25.05-01.272
Золотов А.Е. 25.05-01.263,
25.05-01.264
Зоркальцева О.С. 25.05-01.405,
25.05-01.407
Зотов Д.И. 25.05-01.214
Зотов О.Д. 25.05-01.401
Зубко В.А. 25.05-01.351, 25.05-01.428

Зубова Е.М. 25.05-01.256

И

Ивакин Ян.А. 25.05-01.149
 Иваненков А.С. 25.05-01.117
 Иванов В.В. 25.05-01.318
 Иванов В.И. 25.05-01.223,
 25.05-01.252, 25.05-01.258,
 25.05-01.279
 Иванов Д.А. 25.05-01.103
 Иванов Д.В. 25.05-01.450
 Иванов Д.И. 25.05-01.165
 Иванов М.А. 25.05-01.371
 Иванов М.Г. 25.05-01.438
 Иванов Р.А. 25.05-01.100
 Иванова А.В. 25.05-01.204,
 25.05-01.206
 Иванова А.Д. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Иванова А.Л. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Иванова О.А. 25.05-01.328
 Иванченко В.Н. 25.05-01.416
 Иванчик А.В. 25.05-01.469,
 25.05-01.474, 25.05-01.475,
 25.05-01.477
 Ивельская Т.Н. 25.05-01.121
 Иевенко И.Б. 25.05-01.387
 Иконникова Н.П. 25.05-01.427
 Ильменков С.Л. 25.05-01.18,
 25.05-01.134
 Ильяшенко А.В. 25.05-01.98
 Илюшин М.А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Иноземцева А.В. 25.05-01.361
 Инюкина А.М. 25.05-01.150
 Ипатов С.И. 25.05-01.363
 Исаев А.В. 25.05-01.132
 Исакевич В.В. 25.05-01.417
 Исакевич Д.В. 25.05-01.417
 Истомин Е.П. 25.05-01.166
 Ишмуратов Т.А. 25.05-01.22

К

Кабанник И.А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Кадыров С.Г. 25.05-01.13
 Каевицер В.И. 25.05-01.198
 Казаков В.А. 25.05-01.255
 Казаков В.И. 25.05-01.71
 Казаков Н.А. 25.05-01.228
 Казанский П.Н. 25.05-01.171
 Калаев М.П. 25.05-01.432,
 25.05-01.483
 Калашникова Е.И. 25.05-01.452
 Калинина Ю.А. 25.05-01.26
 Каллистратова М.А. 25.05-01.169
 Калмыков Н.Н. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Кальманов А.В. 25.05-01.216
 Каменев С.И. 25.05-01.159
 Камышев И.В. 25.05-01.150
 Каракозова А.И. 25.05-01.77,
 25.05-01.78
 Карахьян А.А. 25.05-01.391
 Карачевцева М.В. 25.05-01.101
 Карзова М.М. 25.05-01.60
 Кариев И.С. 25.05-01.328

Каримов Р.Р. 25.05-01.387
 Карлов С.А. 25.05-01.217,
 25.05-01.255
 Карпов Е.В. 25.05-01.183
 Карпов М.А. 25.05-01.72
 Карташов Д.А. 25.05-01.328
 Кашафдинов И.Ф. 25.05-01.246
 Кащеева О.Ю. 25.05-01.216
 Кебкэл В.К. 25.05-01.482
 Кебкэл К.Г. 25.05-01.482
 Кииндин В.В. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Кириллова И.В. 25.05-01.174
 Кириловский С.В. 25.05-01.51
 Кириченко А.С. 25.05-01.338
 Кирсанова М.С. 25.05-01.320
 Кирьянов А.В. 25.05-01.112,
 25.05-01.156
 Кирюхин С.Н. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Киссин И.Г. 25.05-01.187
 Клайн Б.И. 25.05-01.401
 Клешнев Е.А. 25.05-01.220
 Клименко В.В. 25.05-01.477
 Клименко М.В. 25.05-01.404
 Клоков А.Ю. 25.05-01.88
 Кляйн Ю.С. 25.05-01.419
 Ковадло П.Г. 25.05-01.411,
 25.05-01.435
 Ковалевич А.С. 25.05-01.290
 Кожемяченко А.А. 25.05-01.29
 Кожин В.А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473,
 25.05-01.482
 Козлов В.И. 25.05-01.387
 Козлова Н.А. 25.05-01.372
 Козьмин С.Г. 25.05-01.132
 Койгеров А.С. 25.05-01.16
 Кокоулин Р.П. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Колбин А.И. 25.05-01.425
 Колбин М.М. 25.05-01.482
 Колесниченко А.В. 25.05-01.383
 Колигаев С.О. 25.05-01.482
 Колмаков Р.П. 25.05-01.147
 Колмогоров В.С. 25.05-01.144,
 25.05-01.146
 Колобов В.В. 25.05-01.408
 Колосов Ю.А. 25.05-01.465,
 25.05-01.466
 Колтовской И.И. 25.05-01.387
 Кольцов Р.Ю. 25.05-01.263
 Кольцов Ю.В. 25.05-01.99
 Комаров А.Г. 25.05-01.304
 Комиссарова Г.В. 25.05-01.427
 Комлев А.Б. 25.05-01.276,
 25.05-01.277
 Компанияц К.Г. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Конищев К.В. 25.05-01.482
 Кононенко О.Д. 25.05-01.76
 Коноплин А.Ю. 25.05-01.162
 Консон А.Д. 25.05-01.151
 Коняев П.А. 25.05-01.412
 Копьев В.А. 25.05-01.171
 Копьев В.Ф. 25.05-01.171
 Кораблев О.И. 25.05-01.349
 Коркина Г.М. 25.05-01.394
 Коробченко А.В. 25.05-01.482
 Коробчинская В.А. 25.05-01.30

Корост Д.В. 25.05-01.235
 Коростелев С.Г. 25.05-01.362
 Коростелева Е.Е. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Короткевич М.С. 25.05-01.270
 Короткевич С.В. 25.05-01.270
 Корсаков А.А. 25.05-01.387
 Коршунова Т.В. 25.05-01.216
 Корягин С.А. 25.05-01.430
 Косарев Г.В. 25.05-01.146
 Косенко И.М. 25.05-01.111,
 25.05-01.123
 Костеев Д.А. 25.05-01.130,
 25.05-01.202
 Костылев К.А. 25.05-01.202
 Котов В.А. 25.05-01.325
 Котов В.Л. 25.05-01.36
 Котов В.М. 25.05-01.101
 Кочаровский В.В. 25.05-01.7
 Кочегаров С.С. 25.05-01.263,
 25.05-01.264
 Кочергин А.Н. 25.05-01.201
 Кочкин А.А. 25.05-01.206
 Кочкин Н.А. 25.05-01.206
 Кочура С.Г. 25.05-01.318
 Кошечкин А.П. 25.05-01.482
 Кошкараров А.С. 25.05-01.433
 Кравченко Е.А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Красильщиков А.М. 25.05-01.451
 Краснопольская Л.М. 25.05-01.86
 Кречмер М. 25.05-01.76
 Кривобок В.С. 25.05-01.88
 Кривошеина М.Н. 25.05-01.10,
 25.05-01.11
 Кропотина Ю.А. 25.05-01.327
 Кропотов Г.И. 25.05-01.380
 Круглов М.В. 25.05-01.482
 Кручинин П.А. 25.05-01.409
 Крюков А.П. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Крюков И.В. 25.05-01.103
 Крючков А.Н. 25.05-01.295
 Кудрявцева А.Д. 25.05-01.72
 Кудрявцева И.С. 25.05-01.226
 Кузин Д.А. 25.05-01.156
 Кузнецов А.А. 25.05-01.246,
 25.05-01.247
 Кузнецов Г.Н. 25.05-01.148
 Кузнецов Д.Д. 25.05-01.169
 Кузнецов Е.А. 25.05-01.7
 Кузнецов Р.Д. 25.05-01.169
 Кузнецов С.В. 25.05-01.14,
 25.05-01.77, 25.05-01.78
 Кузнецов Э.Д. 25.05-01.374,
 25.05-01.376, 25.05-01.384
 Кузнецова И.Е. 25.05-01.84
 Кузькин В.В. 25.05-01.271
 Кузькин В.М. 25.05-01.110,
 25.05-01.111, 25.05-01.123,
 25.05-01.124
 Кузьмин А.Н. 25.05-01.238
 Кузьмин Е.В. 25.05-01.159
 Кузьмин Ю.О. 25.05-01.188
 Кузьмичев Л.А. 25.05-01.455,
 25.05-01.460, 25.05-01.462,
 25.05-01.472, 25.05-01.473
 Кулак Г.В. 25.05-01.71
 Кулепов В.Ф. 25.05-01.482
 Куличков С.Н. 25.05-01.170
 Куличкова Е.А. 25.05-01.296
 Кунавин С.М. 25.05-01.246,

25.05-01.247

Кунцевич А.Ю. **25.05-01.88**
 Куражковская Н.А. **25.05-01.401**
 Куражковский А.Ю. **25.05-01.401**
 Куранов А.Г. **25.05-01.421**
 Курчичин О.А. **25.05-01.474**,
25.05-01.475
 Курносоев Д.А. **25.05-01.225**
 Куст Г.С. **25.05-01.359**
 Кустов А.И. **25.05-01.259**,
25.05-01.260
 Кутень М.М. **25.05-01.273**
 Кутепова А.И. **25.05-01.53**
 Кутузов Н.А. **25.05-01.117**
 Кучерявченко Н.А. **25.05-01.377**
 Кхун Х.Х. **25.05-01.287**, **25.05-01.288**
 Кьявасса А. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.472**,
25.05-01.473

Л

Лаврова М.В. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.462**,
25.05-01.472, **25.05-01.473**
 Лагойда И.А. **25.05-01.410**
 Лагутин А.А. **25.05-01.413**,
25.05-01.455, **25.05-01.460**,
25.05-01.462, **25.05-01.472**,
25.05-01.473
 Ладькин Н.В. **25.05-01.110**,
25.05-01.124
 Лазарев Е.А. **25.05-01.371**
 Лазарев Л.А. **25.05-01.48**
 Лаптев А.Ю. **25.05-01.12**
 Лапшин Б.М. **25.05-01.20**,
25.05-01.254
 Ларичкин А.Ю. **25.05-01.183**
 Ларченко А.В. **25.05-01.393**
 Латышева О.В. **25.05-01.118**
 Лахин В.П. **25.05-01.75**
 Лебедев Д.В. **25.05-01.283**
 Лебедев М.С. **25.05-01.67**
 Лебедев-Степанов П.В. **25.05-01.5**,
25.05-01.59
 Лебедь О.М. **25.05-01.393**
 Лебига В.А. **25.05-01.172**
 Левин В.М. **25.05-01.65**
 Леденцов Л.С. **25.05-01.423**
 Лемешев Ю.Е. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.462**,
25.05-01.472, **25.05-01.473**,
25.05-01.482
 Ленков С.В. **25.05-01.50**
 Леонтьева А.В. **25.05-01.37**
 Лесовой С.В. **25.05-01.395**
 Лещенко Л.Н. **25.05-01.389**
 Ли И.П. **25.05-01.107**
 Линдеров М.Л. **25.05-01.231**
 Линник Е.Ю. **25.05-01.26**
 Липаев А.М. **25.05-01.76**
 Лисенкова Е.Е. **25.05-01.15**
 Лисс А.Р. **25.05-01.152**
 Литвак А.Г. **25.05-01.7**
 Литвин В.А. **25.05-01.222**
 Лобанов Д.С. **25.05-01.256**
 Лобанова К.С. **25.05-01.375**
 Лобковский В.А. **25.05-01.359**
 Лобода И.П. **25.05-01.340**
 Логоминова И.В. **25.05-01.222**
 Лубсандоржиев Б.К. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.462**,
25.05-01.472, **25.05-01.473**
 Лубсандоржиев Н.Б. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.462**,

25.05-01.472, **25.05-01.473**

Лузгин Н.К. **25.05-01.52**
 Луканов А. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.462**,
25.05-01.472, **25.05-01.473**
 Лукин А.В. **25.05-01.42**
 Лукьянцев Д.С. **25.05-01.452**,
25.05-01.456
 Лунев Е.Г. **25.05-01.115**
 Луничкин А.М. **25.05-01.219**
 Лупян Е.А. **25.05-01.353**
 Лутовинов А.А. **25.05-01.419**
 Львов А.В. **25.05-01.130**
 Львов В.Н. **25.05-01.373**,
25.05-01.382, **25.05-01.447**
 Львов К.П. **25.05-01.21**
 Любимов В.В. **25.05-01.35**
 Люлюкин В.С. **25.05-01.169**
 Лютикова М.Н. **25.05-01.137**
 Ляско Е.Е. **25.05-01.220**

М

Магарян К.А. **25.05-01.361**
 Мажайцев Е.А. **25.05-01.210**
 Мазур Н.Г. **25.05-01.408**
 Майкл Г.Г. **25.05-01.372**
 Майоров А.Г. **25.05-01.409**,
25.05-01.410
 Макаров Г.А. **25.05-01.387**
 Макаров Н.А. **25.05-01.140**
 Макаручук Ю.И. **25.05-01.221**
 Максимов И.А. **25.05-01.318**
 Малахов В.В. **25.05-01.409**
 Малахов С.Д. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.462**,
25.05-01.472, **25.05-01.473**
 Малевинский Д.Д. **25.05-01.158**
 Маленков М.И. **25.05-01.371**
 Малеханов А.И. **25.05-01.7**,
25.05-01.197
 Малец А.А. **25.05-01.41**
 Малышкин Г.С. **25.05-01.213**
 Мальцев Г.Н. **25.05-01.433**
 Маринин А.В. **25.05-01.3**
 Маркин А.А. **25.05-01.8**
 Маркушев В.М. **25.05-01.85**
 Мартюшева А.А. **25.05-01.373**,
25.05-01.382, **25.05-01.447**
 Марусев А.С. **25.05-01.368**
 Марчевский И.К. **25.05-01.459**
 Марчук Р.А. **25.05-01.408**
 Матвиенко Ю.В. **25.05-01.110**
 Матвеев А.А. **25.05-01.476**
 Махмудов Х.Ф. **25.05-01.92**,
25.05-01.257, **25.05-01.266**
 Махмутов В.С. **25.05-01.380**
 Махутов Н.А. **25.05-01.282**
 Машонкина Л.И. **25.05-01.420**
 Медведев В.Н. **25.05-01.257**
 Медведев И.П. **25.05-01.121**
 Медведев К.А. **25.05-01.237**,
25.05-01.251
 Медведева А.Ю. **25.05-01.121**
 Мелентьев С.В. **25.05-01.275**
 Мельников А.В. **25.05-01.375**
 Мельников Е.В. **25.05-01.272**
 Мельникова П.К. **25.05-01.222**
 Мереминский И.А. **25.05-01.419**
 Мерсон Д.Л. **25.05-01.224**,
25.05-01.231, **25.05-01.232**,
25.05-01.239, **25.05-01.275**
 Мершина Е.А. **25.05-01.66**
 Мещеряков Р.В. **25.05-01.218**
 Мигель И.А. **25.05-01.259**,

25.05-01.260

Миленин М.Б. **25.05-01.482**
 Милешин В.И. **25.05-01.173**
 Минаков А.В. **25.05-01.68**
 Минасян А.М. **25.05-01.305**
 Минасян М.А. **25.05-01.305**
 Минибаева Д.Э. **25.05-01.429**
 Минкин А.В. **25.05-01.449**
 Минлигареев В.Т. **25.05-01.336**
 Миргазов Р.Р. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.462**,
25.05-01.472, **25.05-01.473**,
25.05-01.482
 Мирзаев С.З. **25.05-01.70**
 Миронов Д.С. **25.05-01.172**
 Миронов М.А. **25.05-01.23**
 Миронов С.Г. **25.05-01.51**
 Миронова Т.В. **25.05-01.72**
 Мирсандов М.М. **25.05-01.45**
 Мисейко А.Н. **25.05-01.200**
 Митрофанов И.Г. **25.05-01.348**
 Митышов Ч.М. **25.05-01.68**
 Митяшин С.А. **25.05-01.247**
 Михайлина О.А. **25.05-01.125**
 Михайлов Е.А. **25.05-01.459**,
25.05-01.471
 Михайлов М.В. **25.05-01.378**
 Михалев А.В. **25.05-01.390**
 Михнюк А.Н. **25.05-01.148**
 Мишин В.В. **25.05-01.245**
 Мишин В.М. **25.05-01.245**
 Мищенко И.В. **25.05-01.282**
 Могилевский М.М. **25.05-01.334**
 Моденов М.Ю. **25.05-01.281**
 Мойсеев Ю.А. **25.05-01.444**
 Мокрушин В.В. **25.05-01.246**,
25.05-01.247
 Молодых С.И. **25.05-01.391**
 Молчанов К.В. **25.05-01.318**
 Мольков С.В. **25.05-01.419**
 Монхоев Р.Д. **25.05-01.455**,
25.05-01.460, **25.05-01.462**,
25.05-01.472, **25.05-01.473**
 Моралев И.А. **25.05-01.171**
 Моргунов Ю.Н. **25.05-01.109**,
25.05-01.159
 Мордвин Е.Ю. **25.05-01.413**
 Мороков Е.С. **25.05-01.65**
 Мотыжев С.В. **25.05-01.115**
 Мошков П.А. **25.05-01.178**
 Мошкунев А.И. **25.05-01.482**
 Мубаракшина Р.Р. **25.05-01.467**
 Мудрик Р.С. **25.05-01.46**
 Муравьева О.В. **25.05-01.294**
 Муратова В.Н. **25.05-01.450**
 Мурзаева И.В. **25.05-01.168**
 Муртазин Р.Ф. **25.05-01.333**

Н

Надыкто А.Б. **25.05-01.72**
 Назаренко М.О. **25.05-01.334**
 Назаров В.Н. **25.05-01.354**
 Назаров С.А. **25.05-01.39**, **25.05-01.40**
 Найко Д.Ю. **25.05-01.388**
 Нартов Ф.А. **25.05-01.60**
 Науменко А.П. **25.05-01.226**
 Наумкин В.Н. **25.05-01.76**
 Наумов А.В. **25.05-01.361**
 Наумов Д.В. **25.05-01.482**
 Наумов К.Н. **25.05-01.373**,
25.05-01.382, **25.05-01.447**
 Невмержицкий Н.В. **25.05-01.216**
 Некоркин В.И. **25.05-01.7**
 Немтинова А.В. **25.05-01.446**

Нерук В.Ю. 25.05-01.143,
25.05-01.153
Нескин А.Г. 25.05-01.176
Неуймин Г.Г. 25.05-01.107
Нефедьев Е.Ю. 25.05-01.227,
25.05-01.228
Нефедьев Ю.А. 25.05-01.461,
25.05-01.463, 25.05-01.464,
25.05-01.465, 25.05-01.466,
25.05-01.467
Никитенко А.С. 25.05-01.393
Никитин Н.В. 25.05-01.46
Никитин П.А. 25.05-01.89,
25.05-01.102
Николаев А.С. 25.05-01.482
Николаев В.А. 25.05-01.380
Николаев С.Н. 25.05-01.88
Николаевский В.Н. 25.05-01.189
Николаенко Т.В. 25.05-01.71
Никонова Е.А. 25.05-01.314
Никульшин М.В. 25.05-01.176
Ниязова Н.В. 25.05-01.450
Новотрясов В.В. 25.05-01.113
Носов В.В. 25.05-01.207,
25.05-01.234, 25.05-01.240,
25.05-01.261, 25.05-01.269,
25.05-01.308
Носэ М. 25.05-01.402
Нужденко А.В. 25.05-01.159

О

Обцинец О.Г. 25.05-01.221
Овчинников А.Л. 25.05-01.20,
25.05-01.254
Овчинников И.Л. 25.05-01.388
Оганесян П.А. 25.05-01.25
Огородникова Е.А. 25.05-01.219
Огурцов М.Г. 25.05-01.454
Одинец А.И. 25.05-01.226
Озеров К.Г. 25.05-01.241
Окунева Э.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Орошук И.М. 25.05-01.147
Осипова Э.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Остриков Н.Н. 25.05-01.19
Охрименко С.Н. 25.05-01.145
Ощепков М.Ю. 25.05-01.365

П

Павин А.М. 25.05-01.136
Павленко В.И. 25.05-01.328
Павленко И.А. 25.05-01.261
Павленко О.В. 25.05-01.180,
25.05-01.181, 25.05-01.182
Павленкова Н.И. 25.05-01.190
Павлов Д.А. 25.05-01.381
Павлов Е.А. 25.05-01.387
Падохин А.М. 25.05-01.334
Пажина Е.А. 25.05-01.216
Паймушин В.Н. 25.05-01.43
Пак А.Ю. 25.05-01.172
Пан А. 25.05-01.455, 25.05-01.460,
25.05-01.462, 25.05-01.472,
25.05-01.473
Панин В.И. 25.05-01.307
Панищев О.Ю. 25.05-01.453
Панкратова И.В. 25.05-01.171
Панов А.Д. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473

Панов В.А. 25.05-01.278
Панова Е.М. 25.05-01.222
Пантелеев И.А. 25.05-01.235,
25.05-01.262
Панчук М.О. 25.05-01.162
Паньков А.А. 25.05-01.82
Паньков Л.В. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Параев С.А. 25.05-01.283,
25.05-01.284, 25.05-01.285
Парамоник И.П. 25.05-01.327
Парников С.Г. 25.05-01.387
Паршиков А.Н. 25.05-01.175
Паршуков В.Н. 25.05-01.145
Патонин А.В. 25.05-01.184,
25.05-01.242
Пахоруков А.Л. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Пенкин А.Г. 25.05-01.267
Пенкин М.А. 25.05-01.267
Пенкин С.И. 25.05-01.159
Перепёлкин В.В. 25.05-01.315
Перепелкин В.Г. 25.05-01.170
Переселков А.С. 25.05-01.111,
25.05-01.123
Переселков С.А. 25.05-01.18,
25.05-01.110, 25.05-01.111,
25.05-01.123, 25.05-01.124
Перетокин А.В. 25.05-01.205
Перетятко С.А. 25.05-01.269
Перминов А.С. 25.05-01.374,
25.05-01.384
Пестов Д.А. 25.05-01.112
Петерсен Т.Б. 25.05-01.225,
25.05-01.230
Петников В.Г. 25.05-01.114
Петров Д.В. 25.05-01.176,
25.05-01.324
Петров И.Б. 25.05-01.29
Петров Н.Х. 25.05-01.103
Петров О.Ф. 25.05-01.76
Петров С.Д. 25.05-01.479
Петрова А.А. 25.05-01.118
Петрова Н.К. 25.05-01.461
Петрова С.Н. 25.05-01.373,
25.05-01.382, 25.05-01.458
Петронюк Ю.С. 25.05-01.298
Петрухин А.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Петухов Д.П. 25.05-01.482
Печников А.А. 25.05-01.311
Пивнев П.П. 25.05-01.143,
25.05-01.153
Пивсаев В.Ю. 25.05-01.201
Пигусов Е.А. 25.05-01.182
Пиковский А.С. 25.05-01.7
Пилипенко В.А. 25.05-01.402,
25.05-01.408
Питьева Е.В. 25.05-01.381
Пичков С.Н. 25.05-01.278
Плетнев О.Н. 25.05-01.90
Плисковский Е.Н. 25.05-01.482
Плюснин А.Д. 25.05-01.275
Подгрудков Д.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Поддубный И. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Позднякова Д.Д. 25.05-01.31,
25.05-01.402
Покрасин М.А. 25.05-01.267

Полетаев А.С. 25.05-01.407
Поляков А.С. 25.05-01.130
Пономарёв А.В. 25.05-01.184,
25.05-01.242
Пономарев С.А. 25.05-01.295
Пономарева С.А. 25.05-01.295
Попков С.В. 25.05-01.125
Поплавская Т.В. 25.05-01.51
Попов А.В. 25.05-01.276,
25.05-01.277
Попов А.Н. 25.05-01.165,
25.05-01.469
Попов В.А. 25.05-01.141
Попов В.И. 25.05-01.406
Попов И.А. 25.05-01.42
Попов О.Е. 25.05-01.170
Попова Е.Г. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Попович В.В. 25.05-01.167
Постников Е.Б. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Посух В.Г. 25.05-01.327
Потапов А.С. 25.05-01.408
Потапов О.А. 25.05-01.117
Преснов Д.А. 25.05-01.31
Прокопенко Е.А. 25.05-01.481
Прокопьев В.Ю. 25.05-01.318
Просин В.В. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Проскуряков А.И. 25.05-01.332
Прохоров А.Н. 25.05-01.183
Прошин А.А. 25.05-01.353
Пряжников М.И. 25.05-01.68
Пугачев М.В. 25.05-01.88
Пупков М.В. 25.05-01.350
Путищев И.А. 25.05-01.201
Пушнин А.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Пшеничных С.Г. 25.05-01.38
Пятаков П.А. 25.05-01.23

Р

Рабинович А.Б. 25.05-01.121
Раевский М.А. 25.05-01.164
Раздобарин А.М. 25.05-01.180
Разумейко М.В. 25.05-01.380
Разумов А.В. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Райкин Р.И. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Растегаев И.А. 25.05-01.232,
25.05-01.239, 25.05-01.275
Растегаева И.И. 25.05-01.232,
25.05-01.239
Ратовский К.Г. 25.05-01.392,
25.05-01.404
Ребецкий Ю.Л. 25.05-01.191
Ревякин А.И. 25.05-01.413
Редька Д.Н. 25.05-01.201
Репман Г.А. 25.05-01.451
Реут В.Р. 25.05-01.16
Рогалёв А.М. 25.05-01.203
Рогаль М.Л. 25.05-01.216
Родионов А.А. 25.05-01.46,
25.05-01.117
Родионов А.С. 25.05-01.54
Родионов А.Ю. 25.05-01.112,
25.05-01.156

Родионов Л.В. 25.05-01.295
Родионова Ж.Ф. 25.05-01.372
Родников А.В. 25.05-01.385
Розанов М.И. 25.05-01.482
Романовская А.М. 25.05-01.420
Романюк Т.В. 25.05-01.192
Ромашко Р.В. 25.05-01.288
Ропот П.И. 25.05-01.71
Росницкий П.Б. 25.05-01.66
Росихин А.А. 25.05-01.173
Рошущкин В.В. 25.05-01.267
Рубанов И.Л. 25.05-01.145
Рублев Г.Д. 25.05-01.175
Рубцов Г.И. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Руденко А.И. 25.05-01.58
Руденко Г.В. 25.05-01.398
Руденко О.В. 25.05-01.7
Руменских М.С. 25.05-01.327
Румянцева О.Д. 25.05-01.214
Русов С.А. 25.05-01.458
Русских С.В. 25.05-01.179
Рутенко А.Н. 25.05-01.154
Рябков М.В. 25.05-01.215
Рябов А.В. 25.05-01.408
Рябов Е.В. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473,
25.05-01.482
Рябчикова Т.А. 25.05-01.420

С

Сабитов В.Б. 25.05-01.49
Савельев В.Н. 25.05-01.92,
25.05-01.257, 25.05-01.266
Савенко В.В. 25.05-01.127
Савицкий О.А. 25.05-01.23
Сагайдак А.И. 25.05-01.233
Сагдеева А.К. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Сажина О.С. 25.05-01.444
Сазонов А.А. 25.05-01.258
Саян С.Г. 25.05-01.14
Салий С.В. 25.05-01.320
Салимгореев Р.Р. 25.05-01.407
Салин М.Б. 25.05-01.117,
25.05-01.130, 25.05-01.202
Самаров Е.К. 25.05-01.138
Самолига В.С. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Самохвалов А.Б. 25.05-01.225
Самуйлов А.О. 25.05-01.276,
25.05-01.277
Сантош А. 25.05-01.182
Сапожников О.А. 25.05-01.66,
25.05-01.103, 25.05-01.215
Сатышев И. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Саурин В.В. 25.05-01.33
Сафаров И.И. 25.05-01.45
Сафронов Г.Б. 25.05-01.482
Сафронова В.С. 25.05-01.374,
25.05-01.384
Свергун Е.И. 25.05-01.115
Свердлов Е.А.О. 25.05-01.139
Свешникова Л.Г. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Свояков А.С. 25.05-01.209
Севастьянов Д.В. 25.05-01.275

Сейтова Д. 25.05-01.482
Селезнев И.А. 25.05-01.128
Семена А.Н. 25.05-01.419
Семенов Д.А. 25.05-01.291
Семенова Е.Г. 25.05-01.210
Сенкевич Ю.И. 25.05-01.236
Сергеев А.М. 25.05-01.7
Сергиенко М.В. 25.05-01.464
Серебрякова Н. 25.05-01.420
Сидоренко А.А. 25.05-01.52,
25.05-01.53
Сидоренков А.Ю. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Сидоров Д.Д. 25.05-01.114
Силаев (мл.) А.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460
Силаев А.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Силаев(мл.) А.А. 25.05-01.472,
25.05-01.473
Сим Л.А. 25.05-01.3
Симонова Г.С. 25.05-01.291
Симонова Т.В. 25.05-01.431
Синицын В.Е. 25.05-01.66
Сиренко А.Э. 25.05-01.482
Сирук С.А. 25.05-01.409,
25.05-01.410
Сисюк А.А. 25.05-01.44
Ситнова Т.М. 25.05-01.420
Скурихин А.В. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473,
25.05-01.482
Слепышев А.А. 25.05-01.116
Смагличенко Т.А. 25.05-01.193
Смирнов А.В. 25.05-01.83,
25.05-01.85, 25.05-01.86
Смирнов В.Б. 25.05-01.184,
25.05-01.242
Смирнов В.М. 25.05-01.198
Смирнов Ю.А. 25.05-01.125
Смирнова А.В. 25.05-01.85,
25.05-01.86
Смирнова М.С. 25.05-01.210
Смольянинов И.В. 25.05-01.198
Смородинова А.А. 25.05-01.260
Снитко Е.В. 25.05-01.157
Собисевич А.Л. 25.05-01.194
Соколов А.В. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Соколов С.А. 25.05-01.201
Соколов С.И. 25.05-01.250
Соколова М.Ю. 25.05-01.8
Соловов С.Н. 25.05-01.241
Соловченко А.Е. 25.05-01.298
Соловьев А.Г. 25.05-01.482
Соловьев А.Н. 25.05-01.25
Соловьева М.С. 25.05-01.394
Соломина О.Н. 25.05-01.358
Соломонов А.В. 25.05-01.246
Соломонов Ю.В. 25.05-01.364
Солонцов О.В. 25.05-01.66
Сомин М.Л. 25.05-01.195
Сопина О.П. 25.05-01.221
Сорокин В.Н. 25.05-01.13
Сорокин С.Д. 25.05-01.215
Сороковиков М.Н. 25.05-01.482
Стадник Д.М. 25.05-01.295
Стародубцев С.А. 25.05-01.387
Степанов А.В. 25.05-01.422
Степанов А.Е. 25.05-01.387
Степанов В.К. 25.05-01.167

Степанова К.А. 25.05-01.290
Стефанов Ю.П. 25.05-01.24
Сторожок Е.А. 25.05-01.166
Стояновский Л.О. 25.05-01.227
Стромаков А.П. 25.05-01.482
Стурова И.В. 25.05-01.122
Суворова О.В. 25.05-01.482
Судденко Ю.А. 25.05-01.265
Султанов И.М. 25.05-01.319
Сутьженко В.А. 25.05-01.228,
25.05-01.255
Супрунов Ю.В. 25.05-01.333
Суркова Д.А. 25.05-01.263,
25.05-01.264
Сусликов М.В. 25.05-01.425
Суханов А.А. 25.05-01.351
Сучков А.Н. 25.05-01.147
Сыроватка Р.А. 25.05-01.76

Т

Таболенько В.А. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473,
25.05-01.482
Тагильцев А.А. 25.05-01.67,
25.05-01.109
Танаев А.Б. 25.05-01.452,
25.05-01.455, 25.05-01.456,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Танеев С.Н. 25.05-01.437
Таровик В.И. 25.05-01.126
Татевосян Р.Э. 25.05-01.196
Телегин А.М. 25.05-01.432,
25.05-01.483
Тельминов О.А. 25.05-01.84
Теплов А.О. 25.05-01.267
Теплов Е.С. 25.05-01.272
Терентьев В.Ф. 25.05-01.267
Терентьев Д.А. 25.05-01.237,
25.05-01.251, 25.05-01.252
Терёшин В.А. 25.05-01.281
Терновой М.Ю. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Тертышников А.В. 25.05-01.329
Тетерин Ю.С. 25.05-01.216
Тешаев М.Х. 25.05-01.45
Тихомиров Ю.М. 25.05-01.125
Ткачев И.Д. 25.05-01.407
Ткачев Л.Г. 25.05-01.455,
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
Ткачева Л.А. 25.05-01.120,
25.05-01.122
Ткаченко А.Ю. 25.05-01.419
Толочек Р.В. 25.05-01.328
Толпин В.А. 25.05-01.353
Толстошеев А.П. 25.05-01.115
Тома М.Х. 25.05-01.76
Томилова И.В. 25.05-01.377
Тошпулатов И.Ш. 25.05-01.70
Травин Р.В. 25.05-01.130
Трещалин А.П. 25.05-01.434
Трофимов Д.А. 25.05-01.479
Трошин И.Ю. 25.05-01.457
Трояновский А.М. 25.05-01.6
Трушин М.В. 25.05-01.450
Тубольцев Ю.В. 25.05-01.448,
25.05-01.451
Турчин В.И. 25.05-01.90
Турчин П.П. 25.05-01.90
Туч Е.В. 25.05-01.10, 25.05-01.11
Тучин А.Г. 25.05-01.331

Тюрин Е.А. **25.05-01.272**
 Тютин М.Р. **25.05-01.230**
 Тябликов А.В. **25.05-01.265**
 Тян А.И. **25.05-01.459**

У

Ульзутуев В.Б. **25.05-01.482**
 Уманская С.Ф. **25.05-01.72**
 Умаров Х.Г. **25.05-01.9**
 Унжаков Е.В. **25.05-01.450**
 Уралов А.М. **25.05-01.395**
 Усачев А.Д. **25.05-01.76**
 Усачева И.А. **25.05-01.117,**
25.05-01.202
 Устинов К.Б. **25.05-01.34**
 Ушаков Н.А. **25.05-01.455,**
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
 Ушакова Е.А. **25.05-01.419**

Ф

Фаворская А.В. **25.05-01.29**
 Фадеев Ю.А. **25.05-01.421**
 Файнштейн В.Г. **25.05-01.398**
 Файт Л. **25.05-01.482**
 Фарафонтowa А.А. **25.05-01.320**
 Федоренко Ю.В. **25.05-01.393**
 Фёдоров В.М. **25.05-01.399**
 Федоров Е.Н. **25.05-01.408**
 Федоров Л.В. **25.05-01.310**
 Федяев К.С. **25.05-01.351**
 Фейгин А.М. **25.05-01.7**
 Феоктистова Е.А. **25.05-01.372**
 Филиппов Г.А. **25.05-01.245**
 Филиппов М.В. **25.05-01.380**
 Фомин В.Н. **25.05-01.482**
 Фролов Д.И. **25.05-01.235**
 Фролов Д.М. **25.05-01.399**
 Фролов Н.Ю. **25.05-01.88**

Х

Хайбрахманов С.А. **25.05-01.319**
 Хайдуков З.В. **25.05-01.438**
 Хакимов А.Г. **25.05-01.49**
 Халыпин А.В. **25.05-01.468**
 Ханбеков И.Ф. **25.05-01.107**
 Ханухов Х.М. **25.05-01.280**
 Харебов В.Г. **25.05-01.237**
 Харук И.В. **25.05-01.482**
 Хасанов И.Ш. **25.05-01.74**
 Хисамов Р.З. **25.05-01.396**
 Холодов С.С. **25.05-01.274**
 Холупенко Е.Е. **25.05-01.451**
 Хомутов С.Ю. **25.05-01.402**
 Хомяков В.В. **25.05-01.307**
 Хотяновский Д.В. **25.05-01.53**
 Хохлов В.А. **25.05-01.216**
 Хохлов Н.И. **25.05-01.29**
 Хохлова В.А. **25.05-01.60,**
25.05-01.66, 25.05-01.215
 Хохлова Е.Д. **25.05-01.234**
 Храмов Е.В. **25.05-01.482**
 Храмова Е.А. **25.05-01.298**
 Хрусталеv А.К. **25.05-01.275**
 Хтун Йе **25.05-01.181**

Ц

Царёв М.В. **25.05-01.246,**
25.05-01.247
 Царёва И.А. **25.05-01.246**
 Цекмейстер С.Д. **25.05-01.373**
 Цимринг Л.Ш. **25.05-01.7**

Цой Е.В. **25.05-01.281**
 Цуканова Е.С. **25.05-01.121**
 Цыбин В.С. **25.05-01.21**
 Цырюльников И.С. **25.05-01.51**
 Цысарь С.А. **25.05-01.215**

Ч

Чадымов В.А. **25.05-01.482**
 Чалый Н.А. **25.05-01.416**
 Чекалин А.С. **25.05-01.20**
 Чекунов И.В. **25.05-01.479**
 Челноков Ю.Н. **25.05-01.312,**
25.05-01.316
 Ченский А.Г. **25.05-01.407**
 Ченцов С.И. **25.05-01.88**
 Чепурнов А.С. **25.05-01.482**
 Черкашина Н.И. **25.05-01.328**
 Чернега Н.В. **25.05-01.72**
 Черненко О.С. **25.05-01.428**
 Черниговский В.Ю. **25.05-01.225**
 Чернов В.В. **25.05-01.197**
 Чернов В.П. **25.05-01.140**
 Чернов Д.В. **25.05-01.282,**
25.05-01.455, 25.05-01.460,
25.05-01.462, 25.05-01.472,
25.05-01.473
 Чернов С.В. **25.05-01.441**
 Чернопицкий М.А. **25.05-01.88**
 Чернышов А.А. **25.05-01.334**
 Чернышов Д.О. **25.05-01.484**
 Чернявская Н.В. **25.05-01.268**
 Черняев А.С. **25.05-01.214**
 Черняева Е.В. **25.05-01.268**
 Четвертухин Н.В. **25.05-01.280**
 Чибранов А.А. **25.05-01.327**
 Чижов В.Ю. **25.05-01.127**
 Чилингаров А.О. **25.05-01.133**
 Чинь Тханг Нгок **25.05-01.182**
 Чиров Д.В. **25.05-01.167**
 Чистякова Т.Г. **25.05-01.296**
 Чичагов Ю.В. **25.05-01.448,**
25.05-01.451
 Чугай Н.Н. **25.05-01.424**
 Чугунов **25.05-01.470**
 Чугунов А.В. **25.05-01.232**
 Чудновский В.М. **25.05-01.67**
 Чуканов А.Н. **25.05-01.281**
 Чунчузов И.П. **25.05-01.170**
 Чупова Д.Д. **25.05-01.66**
 Чуркин К.О. **25.05-01.463**
 Чухланцева Е.А. **25.05-01.465**

Ш

Шадт М.А. **25.05-01.116**
 Шайбонов Б.А. **25.05-01.482**
 Шайковский А. **25.05-01.460,**
25.05-01.462, 25.05-01.472,
25.05-01.473
 Шайковский А. **25.05-01.455**
 Шайхисламов И.Ф. **25.05-01.327**
 Шалимов С.Л. **25.05-01.394**
 Шамраёв С.С. **25.05-01.147**
 Шанин А.В. **25.05-01.12**
 Шарков А.И. **25.05-01.88**
 Шарькин И.Н. **25.05-01.337**
 Шевченко М.А. **25.05-01.72**
 Шейнман Е.Л. **25.05-01.129,**
25.05-01.150
 Шелепов М.Д. **25.05-01.318**
 Шелобков В.И. **25.05-01.258**
 Шематович В.И. **25.05-01.379**
 Шемякин В.В. **25.05-01.225**
 Шенавин В.И. **25.05-01.427**
 Шенявский В.А. **25.05-01.477**
 Шерстюков В.Г. **25.05-01.378**

Шестаков А.А. **25.05-01.482**
 Шестерин Н.Д. **25.05-01.201**
 Шешин Е.П. **25.05-01.107**
 Шибков А.А. **25.05-01.263,**
25.05-01.264
 Шилин К.Д. **25.05-01.136**
 Шилкин С.Д. **25.05-01.482**
 Шимковиц Ф. **25.05-01.482**
 Шипилов Ю.А. **25.05-01.482**
 Широков Е.В. **25.05-01.482**
 Шитов Д.В. **25.05-01.253**
 Шихова Н.М. **25.05-01.184,**
25.05-01.242
 Шиховцев А.Ю. **25.05-01.411,**
25.05-01.435
 Шишкин В.М. **25.05-01.43**
 Шишулин Д.Н. **25.05-01.278**
 Шорин В.Н. **25.05-01.265**
 Шостак С.В. **25.05-01.135,**
25.05-01.139
 Шпак С.А. **25.05-01.144**
 Штекл И. **25.05-01.482**
 Шубин И.Л. **25.05-01.204,**
25.05-01.206
 Шубин П.С. **25.05-01.355**
 Шулатов А.В. **25.05-01.307**
 Шуляпов С.А. **25.05-01.23**
 Шуманов А.В. **25.05-01.107**
 Шуплецов А.В. **25.05-01.88**
 Шуруп А.С. **25.05-01.31**
 Шурушаков В.А. **25.05-01.328**

Щ

Щекотихин Н.И. **25.05-01.158**
 Щепкин А.А. **25.05-01.475**
 Щербаков В.А. **25.05-01.218**
 Щербакова Н.В. **25.05-01.479**
 Щечилин Н.Н. **25.05-01.470**
 Щиржецкий Х.А. **25.05-01.205**
 Щитов Д.В. **25.05-01.245**

Э

Эйсмонт Н.А. **25.05-01.350,**
25.05-01.351, 25.05-01.428
 Элбоева М.И. **25.05-01.69**
 Элибоев Н.Р. **25.05-01.45**
 Эцкерова Э. **25.05-01.482**

Ю

Юлбарисов Р.Ф. **25.05-01.410**
 Юнгельсон Л.Р. **25.05-01.421**
 Юрманов А.П. **25.05-01.162**
 Юров В.О. **25.05-01.32**

Я

Яблокова Ю.В. **25.05-01.482**
 Язовский А.В. **25.05-01.226**
 Яковенко А.А. **25.05-01.281**
 Яковлев А.В. **25.05-01.228,**
25.05-01.244, 25.05-01.255
 Якубовская И.В. **25.05-01.322**
 Янчуковский В.Л. **25.05-01.396**
 Ярославкин А.Ю. **25.05-01.271**
 Ярославкина Е.Е. **25.05-01.271**
 Ярошенко В.В. **25.05-01.247**
 Ярцев П.А. **25.05-01.216**
 Ясников А.И. **25.05-01.128,**
25.05-01.141
 Яшин И.И. **25.05-01.455,**
25.05-01.460, 25.05-01.462,
25.05-01.472, 25.05-01.473
 Яшков С.А. **25.05-01.481**

УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

Журналы

- Акустический журнал. 2024. 70, № 5S **25.05-01.108**
 Акустический журнал. 2025. 71, № 3 **25.05-01.15**,
25.05-01.16, **25.05-01.17**, **25.05-01.23**, **25.05-01.59**,
25.05-01.60, **25.05-01.109**, **25.05-01.114**, **25.05-01.117**,
25.05-01.171, **25.05-01.177**, **25.05-01.213**, **25.05-01.215**,
25.05-01.219
 Акустический журнал. 2025. 71, № 4 **25.05-01.5**,
25.05-01.12, **25.05-01.19**, **25.05-01.29**, **25.05-01.48**,
25.05-01.65, **25.05-01.66**, **25.05-01.68**, **25.05-01.172**,
25.05-01.173, **25.05-01.220**
 Астрономический вестник. 2025. 59, № 1 **25.05-01.371**,
25.05-01.372, **25.05-01.373**, **25.05-01.374**, **25.05-01.375**,
25.05-01.376, **25.05-01.377**
 Астрономический вестник. 2025. 59, № 2 **25.05-01.378**,
25.05-01.379, **25.05-01.380**, **25.05-01.381**, **25.05-01.382**,
25.05-01.383, **25.05-01.384**
 Гидроакустика. 2025, № 60 **25.05-01.128**, **25.05-01.129**,
25.05-01.140, **25.05-01.157**, **25.05-01.165**, **25.05-01.166**,
25.05-01.168, **25.05-01.210**, **25.05-01.221**, **25.05-01.291**
 Гидроакустика. 2025, № 61 **25.05-01.21**, **25.05-01.130**,
25.05-01.141, **25.05-01.142**, **25.05-01.149**, **25.05-01.150**,
25.05-01.151, **25.05-01.152**, **25.05-01.158**, **25.05-01.167**
 Динамика и виброакустика. 2024. 10, № 2 **25.05-01.178**,
25.05-01.202
 Динамика и виброакустика. 2024. 10, № 3 **25.05-01.35**,
25.05-01.163
 Динамика и виброакустика. 2025. 11, № 2 **25.05-01.295**
 Динамика и виброакустика. 2025. 11, № 4 **25.05-01.208**,
25.05-01.296
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 4 **25.05-01.92**,
25.05-01.175
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 6 **25.05-01.436**
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2025. 167, № 1 **25.05-01.442**,
25.05-01.443
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2025. 167, № 2 **25.05-01.444**,
25.05-01.445, **25.05-01.446**
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2025. 167, № 4 **25.05-01.439**
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2025. 167, № 5 **25.05-01.440**
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2025. 167, № 6 **25.05-01.441**
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2025. 168, № 1 **25.05-01.75**,
25.05-01.437
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2025. 168, № 2 **25.05-01.438**
 Журнал Сибирского Федерального университета. Математика
 и физика. 2025. 18, № 2 **25.05-01.57**, **25.05-01.119**,
25.05-01.414
 Журнал Сибирского Федерального университета. Математика
 и физика. 2025. 18, № 3 **25.05-01.28**
 Журнал Сибирского Федерального университета. Математика
 и физика. 2025. 18, № 4 **25.05-01.415**
 Журнал технической физики. 2024. 94, № 12 **25.05-01.30**,
25.05-01.180, **25.05-01.181**, **25.05-01.182**, **25.05-01.447**,
25.05-01.448, **25.05-01.449**, **25.05-01.450**, **25.05-01.451**,
25.05-01.452, **25.05-01.453**, **25.05-01.454**, **25.05-01.455**,
25.05-01.456, **25.05-01.457**, **25.05-01.458**, **25.05-01.459**,
25.05-01.460, **25.05-01.461**, **25.05-01.462**, **25.05-01.463**,
25.05-01.464, **25.05-01.465**, **25.05-01.466**, **25.05-01.467**,
25.05-01.468, **25.05-01.469**, **25.05-01.470**, **25.05-01.471**,
25.05-01.472, **25.05-01.473**, **25.05-01.474**, **25.05-01.475**,
25.05-01.476, **25.05-01.477**, **25.05-01.478**, **25.05-01.479**
 Земля и Вселенная. 2024, № 5 **25.05-01.358**, **25.05-01.359**,
25.05-01.360, **25.05-01.361**, **25.05-01.362**, **25.05-01.363**,
25.05-01.364, **25.05-01.365**, **25.05-01.366**, **25.05-01.367**,
25.05-01.368, **25.05-01.369**, **25.05-01.370**
 Земля и Вселенная. 2024, № 6 **25.05-01.335**, **25.05-01.336**,
25.05-01.337, **25.05-01.338**, **25.05-01.339**, **25.05-01.340**,
25.05-01.341, **25.05-01.342**, **25.05-01.343**, **25.05-01.344**,
25.05-01.345, **25.05-01.346**
 Земля и Вселенная. 2025, № 1-2 **25.05-01.347**,
25.05-01.348, **25.05-01.349**, **25.05-01.350**, **25.05-01.351**,
25.05-01.352, **25.05-01.353**, **25.05-01.354**, **25.05-01.355**,
25.05-01.356, **25.05-01.357**
 Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2025. 33,
 № 4 **25.05-01.45**
 Известия вузов. Радиофизика. 2025. 68, № 3 **25.05-01.430**
 Известия вузов. Радиофизика. 2025. 68, № 4 **25.05-01.431**
 Известия вузов. Физика. 2024. 67, № 12 **25.05-01.416**
 Известия вузов. Физика. 2025. 68, № 2 **25.05-01.417**
 Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2025.
68, № 4 **25.05-01.87**
 Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2025. 121,
 № 1 **25.05-01.322**, **25.05-01.323**
 Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2025. 121,
 № 2 **25.05-01.324**, **25.05-01.325**, **25.05-01.326**
 Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2025, № 1
25.05-01.120
 Известия РАН. Серия физическая. 2025. 89, № 1
25.05-01.31, **25.05-01.55**, **25.05-01.214**, **25.05-01.298**
 Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2024. 60, № 4
25.05-01.169
 Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2024. 60, № 5
25.05-01.116, **25.05-01.131**
 Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2024. 60, № 6
25.05-01.170
 Космические исследования. 2025. 63, № 3 **25.05-01.118**,
25.05-01.327, **25.05-01.328**, **25.05-01.329**, **25.05-01.330**,
25.05-01.331, **25.05-01.332**, **25.05-01.333**, **25.05-01.334**
 Материаловедение. 2024, № 5 **25.05-01.216**
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2023. 29, № 3
25.05-01.43
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2023. 29, № 4
25.05-01.179
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2024. 30, № 2
25.05-01.10
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2024. 30, № 3
25.05-01.11
 Мех. композиц. матер. и конструкций. 2024. 30, № 4
25.05-01.44
 Механика твердого тела. 2024, № 2 **25.05-01.8**, **25.05-01.82**,
25.05-01.312
 Механика твердого тела. 2024, № 3 **25.05-01.313**
 Механика твердого тела. 2024, № 4 **25.05-01.32**,
25.05-01.77, **25.05-01.314**
 Механика твердого тела. 2024, № 5 **25.05-01.33**,
25.05-01.174
 Механика твердого тела. 2024, № 6 **25.05-01.315**
 Механика твердого тела. 2025, № 1 **25.05-01.316**
 Механика твердого тела. 2025, № 2 **25.05-01.14**,
25.05-01.34
 Механика твердого тела. 2025, № 3 **25.05-01.317**
 Механика твердого тела. 2025, № 4 **25.05-01.78**,
25.05-01.98, **25.05-01.310**
 Мир измерений. 2025, № 2 **25.05-01.309**
 Мор. гидрофиз. ж. 2024. 40, № 5 **25.05-01.113**
 Мор. гидрофиз. ж. 2025. 41, № 3 **25.05-01.80**, **25.05-01.115**
 Морские интеллектуальные технологии. 2024, № 4-1
25.05-01.46, **25.05-01.135**, **25.05-01.136**, **25.05-01.305**
 Морские интеллектуальные технологии. 2025, № 1
25.05-01.137
 Морские интеллектуальные технологии. 2025, № 2
25.05-01.138, **25.05-01.139**, **25.05-01.201**, **25.05-01.306**
 Морские интеллектуальные технологии. 2025, № 4-4
25.05-01.112, **25.05-01.156**
 Морской вестник. 2025, № 1 **25.05-01.41**
 Морской вестник. 2025, № 2 **25.05-01.132**, **25.05-01.134**,
25.05-01.209
 Морской сборник. 2024, № 12 **25.05-01.144**
 Морской сборник. 2025, № 3 **25.05-01.145**
 Морской сборник. 2025, № 4 **25.05-01.146**
 Морской сборник. 2025, № 5 **25.05-01.147**
 Наукоемкие технологии. 2025. 27, № 2 **25.05-01.99**

- Научно-технич. ведомости Санкт-Петербургского гос. политехнич. ун-та. Физ.-мат. н. 2024. 17, № 3 **25.05-01.13, 25.05-01.42, 25.05-01.418**
- Научные труды Института астрономии РАН. 2025. 10, № 1 **25.05-01.319, 25.05-01.320, 25.05-01.321**
- Океанология. 2024. 64, № 2 **25.05-01.121**
- Океанология. 2024. 64, № 3 **25.05-01.222**
- Океанология. 2024. 64, № 4 **25.05-01.198**
- Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 9 **25.05-01.411**
- Оптика атмосферы и океана. 2024. 37, № 10 **25.05-01.412**
- Оптика атмосферы и океана. 2025. 38, № 6 **25.05-01.413**
- Оптический журнал. 2025. 92, № 2 **25.05-01.89, 25.05-01.433**
- Оптический журнал. 2025. 92, № 4 **25.05-01.434**
- Оптический журнал. 2025. 92, № 6 **25.05-01.100, 25.05-01.101, 25.05-01.435**
- Оптический журнал. 2025. 92, № 9 **25.05-01.74, 25.05-01.102**
- Письма в Астрон. ж. 2025. 51, № 1 **25.05-01.419, 25.05-01.420, 25.05-01.421, 25.05-01.422, 25.05-01.423**
- Письма в Астрон. ж. 2025. 51, № 2 **25.05-01.424, 25.05-01.425, 25.05-01.426, 25.05-01.427, 25.05-01.428**
- Письма в ЖЭТФ. 2025. 122, № 10 **25.05-01.480**
- Письма в ЖЭТФ. 2025. 122, № 11 **25.05-01.76**
- Письма в ЖЭТФ. 2025. 122, № 12 **25.05-01.72**
- Подводные исследования и робототехника. 2025. 38, № 2 **25.05-01.67, 25.05-01.161, 25.05-01.162**
- Приборы и методы измерений. 2025. 16, № 3 **25.05-01.294**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2025, № 6 **25.05-01.218, 25.05-01.297**
- Приборы и техника эксперимента. 1991. 34, № 2 **25.05-01.81, 25.05-01.93, 25.05-01.94, 25.05-01.95**
- Приборы и техника эксперимента. 1991. 34, № 4 **25.05-01.104, 25.05-01.211, 25.05-01.302**
- Приборы и техника эксперимента. 1991. 34, № 5 **25.05-01.105**
- Приборы и техника эксперимента. 1992. 35, № 1 **25.05-01.61, 25.05-01.96, 25.05-01.97**
- Приборы и техника эксперимента. 1993. 36, № 1 **25.05-01.212**
- Приборы и техника эксперимента. 1993. 36, № 2 **25.05-01.303**
- Приборы и техника эксперимента. 1993. 36, № 4 **25.05-01.73**
- Приборы и техника эксперимента. 1994. 37, № 3 **25.05-01.106**
- Приборы и техника эксперимента. 1995. 38, № 4 **25.05-01.292**
- Приборы и техника эксперимента. 1997. 40, № 2 **25.05-01.56**
- Приборы и техника эксперимента. 1997. 40, № 4 **25.05-01.62**
- Приборы и техника эксперимента. 1998. 41, № 4 **25.05-01.63, 25.05-01.64**
- Приборы и техника эксперимента. 1998. 41, № 5 **25.05-01.154**
- Приборы и техника эксперимента. 1999. 42, № 2 **25.05-01.293**
- Приборы и техника эксперимента. 2000. 43, № 6 **25.05-01.159**
- Приборы и техника эксперимента. 2001. 44, № 3 **25.05-01.299**
- Приборы и техника эксперимента. 2002. 45, № 1 **25.05-01.160**
- Приборы и техника эксперимента. 2002. 45, № 3 **25.05-01.199**
- Приборы и техника эксперимента. 2002. 45, № 6 **25.05-01.300**
- Приборы и техника эксперимента. 2023, № 6 **25.05-01.155**
- Приборы и техника эксперимента. 2024, № 3 **25.05-01.143, 25.05-01.153, 25.05-01.481**
- Приборы и техника эксперимента. 2024, № 4 **25.05-01.103**
- Приборы и техника эксперимента. 2024, № 5 **25.05-01.482**
- Приборы и техника эксперимента. 2025, № 1 **25.05-01.301, 25.05-01.483**
- Прикладная механика и техническая физика. 2025. 66, № 1 **25.05-01.176**
- Прикладная механика и техническая физика. 2025. 66, № 2 **25.05-01.51, 25.05-01.52, 25.05-01.53, 25.05-01.58, 25.05-01.183**
- Прикладная механика и техническая физика. 2025. 66, № 3 **25.05-01.22, 25.05-01.49, 25.05-01.54, 25.05-01.122**
- Прикладная физика. 2025, № 1 **25.05-01.432**
- Прикладная физика. 2025, № 2 **25.05-01.88**
- Природа. 2025, № 2 **25.05-01.4**
- Пробл. физ., мат. и техн. 2025, № 1(62) **25.05-01.71**
- Пробл. физ., мат. и техн. 2025, № 2(63) **25.05-01.47**
- Проблемы прочности и пластичности. 2024. 86, № 2 **25.05-01.197**
- Проблемы прочности и пластичности. 2024. 86, № 3 **25.05-01.25**
- Проблемы прочности и пластичности. 2024. 86, № 4 **25.05-01.79**
- Проблемы прочности и пластичности. 2025. 87, № 1 **25.05-01.36, 25.05-01.37, 25.05-01.38**
- Проблемы прочности и пластичности. 2025. 87, № 2 **25.05-01.26**
- Радиотехника. 2025. 89, № 5 **25.05-01.133**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. 17, № 1 **25.05-01.69**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. 17, № 2 **25.05-01.18, 25.05-01.70, 25.05-01.83, 25.05-01.84, 25.05-01.85, 25.05-01.86, 25.05-01.110**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. 17, № 3 **25.05-01.111**
- Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2025. 17, № 4 **25.05-01.123, 25.05-01.124**
- Сибирский аэрокосмический журнал. 2025. 26, № 2 **25.05-01.318**
- Сибирский математический журнал. 2025. 66, № 2 **25.05-01.9**
- Сибирский математический журнал. 2025. 66, № 3 **25.05-01.39**
- Сибирский математический журнал. 2025. 66, № 4 **25.05-01.40**
- Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 1 **25.05-01.386, 25.05-01.387, 25.05-01.388, 25.05-01.389, 25.05-01.390, 25.05-01.391, 25.05-01.392, 25.05-01.393, 25.05-01.394, 25.05-01.395, 25.05-01.396, 25.05-01.397**
- Солнечно-земная физика. 2025. 11, № 2 **25.05-01.398, 25.05-01.399, 25.05-01.400, 25.05-01.401, 25.05-01.402, 25.05-01.403, 25.05-01.404, 25.05-01.405, 25.05-01.406, 25.05-01.407, 25.05-01.408, 25.05-01.409, 25.05-01.410**
- Строительные материалы. 2024, № 6 **25.05-01.203, 25.05-01.205, 25.05-01.206**
- Строительные материалы. 2025, № 6 **25.05-01.204**
- Тр. МФТИ. 2025. 17, № 2 **25.05-01.107, 25.05-01.429**
- Труды Крыловского государственного научного центра. 2025, № 2(412) **25.05-01.27, 25.05-01.125, 25.05-01.126, 25.05-01.127**
- Труды МАИ. 2025, № 4(143) **25.05-01.385**
- УФН. 2025. 195, № 7 **25.05-01.6, 25.05-01.7, 25.05-01.484**
- Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки. 2025. 167, № 2 **25.05-01.311**
- Физика твердого тела. 2025. 67, № 6 **25.05-01.90**
- Физика твердого тела. 2025. 67, № 7 **25.05-01.91**
- Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2025. 18, № 2 **25.05-01.148, 25.05-01.164**
- Химическая физика и мезоскопия. 2025. 27, № 1 **25.05-01.50**

Конференции и сборники

Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021 **25.05-01.20, 25.05-01.184, 25.05-01.185, 25.05-01.200, 25.05-01.207, 25.05-01.217, 25.05-01.223, 25.05-01.224, 25.05-01.225, 25.05-01.226, 25.05-01.227, 25.05-01.228, 25.05-01.229, 25.05-01.230, 25.05-01.231, 25.05-01.232, 25.05-01.233, 25.05-01.234, 25.05-01.235, 25.05-01.236, 25.05-01.237, 25.05-01.238, 25.05-01.239, 25.05-01.240, 25.05-01.241, 25.05-01.242, 25.05-01.243, 25.05-01.244, 25.05-01.245, 25.05-01.246, 25.05-01.247, 25.05-01.248, 25.05-01.249, 25.05-01.250, 25.05-01.251, 25.05-01.252, 25.05-01.253, 25.05-01.254, 25.05-01.255, 25.05-01.256, 25.05-01.257, 25.05-01.258, 25.05-01.259, 25.05-01.260, 25.05-01.261, 25.05-01.262, 25.05-01.263,**

25.05-01.264, 25.05-01.265, 25.05-01.266, 25.05-01.267, 25.05-01.268, 25.05-01.269, 25.05-01.270, 25.05-01.271, 25.05-01.272, 25.05-01.273, 25.05-01.274, 25.05-01.275, 25.05-01.276, 25.05-01.277, 25.05-01.278, 25.05-01.279, 25.05-01.280, 25.05-01.281, 25.05-01.282, 25.05-01.283, 25.05-01.284, 25.05-01.285, 25.05-01.286, 25.05-01.287, 25.05-01.288, 25.05-01.289, 25.05-01.290, 25.05-01.304, 25.05-01.307, 25.05-01.308

Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013 **25.05-01.3, 25.05-01.24, 25.05-01.186, 25.05-01.187, 25.05-01.188, 25.05-01.189, 25.05-01.190, 25.05-01.191, 25.05-01.192, 25.05-01.193, 25.05-01.194, 25.05-01.195, 25.05-01.196**

Книги

Актуальные проблемы метода акустической эмиссии (АПМАЭ-2021)/ Всероссийская конференция с международным участием: сборник материалов. СПб.: Свен. 2021 **25.05-01.2К**

Современная тектонофизика. Методы и результаты. Материалы третьей молодежной школы семинара. Т. 2. М.: ИФЗ. 2013 **25.05-01.1К**

СОДЕРЖАНИЕ

Библиография	25.05-01.1
Персоналии	25.05-01.3
Классические проблемы линейной акустики и теории волн	25.05-01.8
Нелинейная акустика	25.05-01.55
Физическая акустика	25.05-01.65
Акустика океана, гидроакустика	25.05-01.108
Атмосферная и аэроакустика	25.05-01.169
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика	25.05-01.184
Акустическая экология; Шумы и вибрации	25.05-01.202
Акустика помещений; Музыкальная акустика	25.05-01.203
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование	25.05-01.207
Акустика живых систем; Биологическая акустика	25.05-01.215
Физические основы технической акустики	25.05-01.223
Акустика в инженерном деле	25.05-01.310
Физика	25.05-01.311
Астрономия	25.05-01.312
Авторский указатель Указатель источников	