

СИГНАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

01. АКУСТИКА

ОТДЕЛЬНЫЙ ВЫПУСК

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

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

Издается с 2013 г.

№ 02

Выходит 6 раз в год

Москва 2022

Библиография

22.02-01.1К Радиолокация, навигация, связь. XXII международная научно-техническая конференция. Том 3. Воронеж, 19—21 апреля 2016 г. Воронеж: НПФ САКВОЕЕ. 2016

22.02-01.2К Материалы V Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород. BalticPetroModel-2016», 11—15 сентября 2016 г. М. 2016

Сборник «Труды Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород. BalticPetroModel-2016» представляет собой книгу тезисов докладов участников школы-семинара. Сборник состоит из глав, соответствующих секциям технической программы школы-семинара: пленарные доклады, многомасштабное петрофизическое моделирование, оценка УВ потенциала осадочных бассейнов и моделирование месторождений, обратные задачи сейсмоки и комплексной интерпретации, сейсмическая инверсия, разработка месторождений УВ: от инженерных изысканий до ГРП.

22.02-01.3К Современные прикладные исследования. Материалы Национальной российской конференции. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. Шахты, 19—21 апреля 2017 г. Шахты: Южно-Российский государственный политехнический университет. 2016. ISBN 978-5-9997-0639-3

Освещены результаты исследований в области горного дела, механизации, электрификации и безопасности производства, строительных технологий. Рассмотрены экономические и социальные проблемы, вопросы управления персоналом и развития информационных технологий. Сборник составлен по материалам Национальной российской конференции «Современные прикладные исследования», проведенной в апреле 2017 г. в Шахтинском институте (филиале) ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова, г. Шахты.

22.02-01.4К Физическое образование: от прошлого к будущему Санкт-Петербург, 20—21 апреля. Материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием памяти проф. Н.М. Кожевникова. СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". 2017, 297 с. ISBN 978-5-7422-5694-6

В сборнике представлены материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, по-

священной актуальным проблемам физического образования. Конференция проводится в память о профессоре СПбПУ, ученом секретаре НМС по физике Минобрнауки РФ Н.М. Кожевникове, труды и деятельность которого были направлены на совершенствование системы физического образования и методик преподавания физики. В материалах конференции отражены вопросы реформирования системы физического образования, интеграции физической науки и образования. Обсуждаются современные технологии преподавания физики в вузах и школах. Затронуты вопросы содержания вузовского курса физики, методик подачи материала и работы со студентами. Представлены материалы по вопросам лабораторного физического практикума и лекционных демонстраций. Обсуждаются проблемы преподавания физики и естествознания студентам социально-экономических направлений подготовки.

22.02-01.5К Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г. Ставрополь: АГРС. 2019

В сборнике представлены статьи студентов инженерных специальностей Ставропольского государственного аграрного университета, выполненные под руководством ведущих ученых, преподавателей и аспирантов.

22.02-01.6К Неделя науки СПбГМТУ-2019: сборник докладов Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»: в 2 т. Т.1. СПб: СПбГМТУ. 2019. ISBN 978-5-88303-597-4

Сборник докладов содержит материалы, в которых рассматриваются актуальные вопросы проектирования и постройки судов, проблемы повышения эффективности производства и использования современных информационно-измерительных и управляющих систем, а также аспекты диалектического взаимодействия природы, человека и техники.

22.02-01.7К Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. Караваево, 23 января 2020 года. Сборник статей 71-й международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Том 2. Караваево: Костромская государственная сельскохозяйственная академия. 2020. ISBN 978-5-93222-346-8

В сборник включены материалы докладов 71-й международной научно-практической конференции, прошедшей в Костромской государственной сельскохозяйственной академии 23 января 2020 года. Тексты даются в авторской редакции.

22.02-01.8К IX Поляховские чтения. Санкт-

Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021. ISBN 978-5-9651-1331-6

В сборник включены расширенные тезисы докладов, представленные на международную научную конференцию по механике IX Поляховские чтения, которая посвящена 200-летию выдающегося русского математика и механика, академика Пафнутия Львовича Чебышёва и 100-летию академика Дмитрия Евгеньевича Охочимского — основателя научной школы в области динамики космического полёта. Обсуждаются современные проблемы теоретической и прикладной механики, динамики естественных и искусственных небесных тел, гидрогазодинамики, физико-химической аэромеханики, механики деформируемого твёрдого тела, устойчивости и стабилизации механических и электромеханических систем, биомеханики, физической

механики и истории механики.

22.02-01.9K Аэроакустика. Пер. с англ. *Голдстейн Мэрвин Е.* М.: Машиностроение. 1981, 294 с.

В книге наряду с изложением теории образования аэродинамического шума рассмотрены фундаментальные вопросы теории аэроакустики, получившие развитие в последнее время. Дано определение акустического излучения свободной, турбулентной дозвуковой и сверхзвуковой струи; показано образование звука, генерируемого препятствиями в потоке, винтами самолетов, роторами вертолетов, а также влияние однородного потока на генерацию шума. Проанализирован механизм шумообразования в вентиляторах и компрессорах авиадвигателей. Приведен метод расчета шумообразования с использованием нелинейных уравнений.

Персоналии

22.02-01.10 Академик Дмитрий Евгеньевич Охочимский — выдающийся механик, основатель научной школы в области динамики космического полета (к 100-летию со дня рождения). *Боровин Г.Б., Голубев Ю.Ф., Грушевский А.В., Тучин А.Г.* IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 50-54. Рус.

22.02-01.11 К 100-летию со дня рождения академика Дмитрия Евгеньевича Охочимского. *Голубев Ю.Ф., Мелкумова Е.В.* IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 450-452. Рус.

22.02-01.12 САО РАН глазами астрономов. *Кудрявцев Д.О., Романюк И.И., Семенко Е.А.* Земля и Вселенная. 2021, № 1, с. 74-84. Рус.

In this review we attempt to tell the reader about the present-day activities in the biggest Russian astronomical observatory, Special Astrophysical Observatory (SAO) located in the Northern Caucasus. The observatory possesses a number of instruments operating in the optical and radio wavelength bands. Hereafter we focus on the largest Russian 6-meter optical telescope that was put in operation 45 years ago.

22.02-01.13 Рафаил Львович Аптекарь (27.09.1936—29.12.2020). *Земля и Вселенная.* 2021, № 1, с. 85. Рус.

22.02-01.14 Три звезды героя: знания и страсти. *Губарев В.С.* Земля и Вселенная. 2021, № 1, с. 86-100. Рус.

Этот очерк я писал более полувека назад — с того самого дня, когда познакомился с академиком Мстиславом Всеволодовичем Келдышем (1911—1978), ученым в области прикладной математики и механики, организатором отечественной науки, идеологом космической программы (ЗиВ, 1981, № 1; 1991, № 3; 2011, № 1). Встреч с ним было много, так как космическая эпоха только начиналась, и лучше всего о ней мог рассказать только он, а моя работа корреспондента «Комсомольской правды» и «Правды» в то время требовала, чтобы эта тема стала повседневной на страницах газеты. Позже добавились генетика, атомная наука и техника, «оборонка», развитие нашей Академии наук по республикам и так далее. Я возглавил отделы науки этих газет, а М.В. Келдыш был избран президентом Академии наук СССР (1961—1975). Создавалась Великая Наука нашей Родины и, бесспорно, одну из главных ролей в этом процессе играл именно он. Как же можно было умолчать об этом!? Потом случилось так, что мы оба были спасены одним и тем же хирургом — поистине «неисповедимы пути Господни»... Я постоянно обращаюсь к образу этого великого ученого страны, благо являются новые документы и свидетельства о нем, о том, что он сделал для нашей Родины. И не перестаю поражаться его прозорливости, любви к Отчизне, тому объему Добра, что он принес людям. Иногда даже, кажется, что подобное невозможно, но потом понимаешь — гениям доступно все, в том числе и

то, кажется нам невозможным. Он был трижды Героем Социалистического Труда. Мне кажется, что это были своеобразные вехи его жизни.

22.02-01.15 Пионеры ракетной техники. Документы личных фондов К.Э. Циолковского в архиве РАН. *Селиванова О.В.* Земля и Вселенная. 2021, № 1, с. 101-109. Рус.

22.02-01.16 Крымская астрофизическая обсерватория: на перекрестке эпох и времен. *Козлова О.В.* Земля и Вселенная. 2021, № 2, с. 66-78. Рус.

Когда промышленник и большой любитель астрономии Н.С. Мальцев в 1908 г. решил построить обсерваторию на горе Кошки в Симеизе и подарить ее Пулковской астрономической обсерватории, он еще не знал, насколько она перерастет себя, став вначале базой Симеизского отделения Пулково, а потом — положит начало Крымской астрофизической обсерватории (КРАО).

22.02-01.17 Три звезды героя: знания и страсти. Несколько страниц из жизни великого ученого нашей родины М.В. Келдыша (окончание). *Губарев В.С.* Земля и Вселенная. 2021, № 2, с. 79-92. Рус.

Этот очерк автор писал более полувека назад — с того самого дня, когда познакомился с академиком Мстиславом Всеволодовичем Келдышем, ученым в области прикладной математики и механики, организатором отечественной науки, идеологом космической программы, Президентом Академии наук СССР (1961-1975; ЗиВ, 2011, № 1). Он был трижды Героем Социалистического труда. Мне кажется, что это были своеобразные вехи его жизни. В первой части статьи рассказано о его первых двух звездах: первая — за участие в атомном проекте и испытании водородной бомбы (разработанная им научная методология сыграла решающую роль в совершенствовании ядерного оружия и средств его доставки), вторая — за особые заслуги в развитии ракетной техники и за работы по созданию и успешному запуску первого в мире полета человека в космос.

22.02-01.18 Судьба гагаринского отряда: к 60-летию первого отряда космонавтов. *Пономарёва В.Л.* Земля и Вселенная. 2021, № 2, с. 93-109. Рус.

22.02-01.19 Коуровка — обсерватория и астероид. *Горда С.Ю., Соболев А.М., Кузнецов Э.Д.* Земля и Вселенная. 2021, № 3, с. 66-75. Рус.

В январе далекого 1965 года в 85 километрах к западу от Свердловска, ныне Екатеринбурга, была открыта Коуровская астрономическая обсерватория Уральского государственного университета им. А.М. Горького. Наименование обсерватории было выбрано по названию ближайшей железнодорожной станции Коуровки, поскольку добраться тогда до нее можно было исключительно по железной дороге. Своим появлением обсерватория обязана профессору Клавдии Александровне Бархатовой, возродившей в 1960 году кафедру астрономии в Уральском университете. Ее неутомимая энергия, а также царивший в те годы в нашей стране и в мире настоящий бум покорения космического пространства позволили основать новую астроно-

мическую обсерваторию как загородную станцию наблюдений искусственных спутников Земли. Строительство станции было задумано с целью практического обучения студентов кафедры навыкам наблюдений ИСЗ и естественных небесных тел. Не обошлось и без некоторого парадокса. Так, находясь на одной материке, обсерватория и Уральский университет, которому она принадлежит, находятся в разных частях света. Обсерватория — в Европе, а университет — в Азии. Виной всему Уральский хребет, по которому проходит граница между этими частями света, поскольку город Екатеринбург располагается восточнее хребта, а обсерватория — западнее. Таким образом, она является самой восточной в Европе обсерваторией.

22.02-01.20 Академик В.Е. Фортов и международный проект "Vera". Сагдеев Р.З., Зелёный Л.М., Попель С.И. *Земля и Вселенная*. 2021, № 3, с. 76-91. Рус.

22.02-01.21 Пионеры ракетной техники. Документы личного фонда Ф.А. Цандера в архиве РАН. Селиванова О.В. *Земля и Вселенная*. 2021, № 3, с. 92-97. Рус.

Важное место в истории отечественной теории межпланетных полетов и развитии летательных аппаратов занимает Фридрих Артурович Цандер, популяризатор идеи межпланетных полетов. Он одним из первых начал рассматривать идею полета в космос как инженерную задачу, разрабатывая такие вопросы, как выбор траекторий межпланетных перелетов с минимальным расходом топлива, время пребывания космических кораблей в пути, вопросы коррекции их траекторий для обеспечения безопасного движения в космосе и спуска на планету, расчеты температур стенок камер сгорания. При его непосредственном участии была создана знаменитая ГИРД (Группа изучения реактивного движения) — предтеча всей отечественной ракетной промышленности.

22.02-01.22 Музей Ф.А. Бредихина в Заволжье. К 190-летию со дня рождения великого астронома. Касаткина С.В., Сачков М.Е. *Земля и Вселенная*. 2021, № 3, с. 98-109. Рус.

22.02-01.23 Пионеры ракетной техники. Документы личных фондов Н.А. Рынина и С.П. Королёва в архиве РАН. Часть 2. Селиванова О.В. *Земля и Вселенная*. 2021, № 4, с. 82-91. Рус.

22.02-01.24 Ян Хендрик Оорт (1900—1992). Еремеева А.И. *Земля и Вселенная*. 2021, № 4, с. 92-103. Рус.

22.02-01.25 Майкл Коллинз. Герасютин С.А. *Земля и Вселенная*. 2021, № 4, с. 104-107. Рус.

22.02-01.26 Природные катастрофы на Кавказе: вид с МКС. Десинов Л.В. *Земля и Вселенная*. 2021, № 5, с. 5-20. Рус.

Это — последняя статья Льва Васильевича Десинова, которую он подготовил и сдал в журнал буквально в последние дни своей жизни. 14 августа 2021 года он скончался после тяжелой болезни. Человек слова — таким его помнят коллеги и товарищи. Научный руководитель программы «Ураган» на Российском сегменте МКС, Мастер спорта СССР, Главный судья Чемпионата СССР по туризму, Заслуженный путешественник России, кандидат в один из первых отрядов космонавтов СССР, ведущий сотрудник Института географии РАН.

22.02-01.27 Развитие отечественной метеорологической системы (к 60-летию начала разработки метеорологических спутников в СССР). Ведешин Л.А., Герасютин С.А. *Земля и Вселенная*. 2021, № 5, с. 63-80. Рус.

В 2021 г. исполняется 60 лет с начала разработки в СССР метеорологических спутников. Постановлением Совета Министров СССР их создание было поручено ВНИИЭМ (Всесоюзный научно-исследовательский институт электромеханики, ныне АО «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические комплексы» им. А.Г. Иосифьяна). Первые прототипы метеоспутников («Омега-1» и «Омега-2») были запущены в 1963 г., затем последовали экспериментальные аппараты в 1966—1967 гг., в дальнейшем была разработана серия оперативных ИСЗ «Метеор», «Метеор-Природа», «Метеор-3», «Ресурс-О1», «Метеор-М», «Электро», «Арктика-М» гидрометеорологического, природно-ресурсного и океанографического

обеспечения.

22.02-01.28 Крымская астрономическая станция им. Э.А. Дибая ГАИШ МГУ — история и перспективы. Колотилов Е.А., Татарникова А.А. *Земля и Вселенная*. 2021, № 5, с. 81-101. Рус.

В 2021 году исполняется 90 лет Государственному астрономическому институту им. П.К. Штернберга. С самого начала институт имел практическую направленность — он вырос из обсерватории МГУ на Красной Пресне (которая на целый век старше ГАИШ). Во все годы институт имел загородные базы, однако первой, по-настоящему наблюдательной базой, несомненно, является Крымская астрономическая станция. При распаде СССР в начале 90-х годов прошлого века Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга потерял две из трех наблюдательных баз — Алма-Атинскую в Казахстане и Майданакскую в Узбекистане. В российской собственности в силу определенных обстоятельств осталась южная база в Крыму. И только весной 2014 г., после воссоединения Крыма с Россией, ее принадлежность ГАИШ МГУ была закреплена окончательно. Мы рассмотрим ниже прошлое, настоящее и возможное будущее этой базы.

22.02-01.29 "Человеку нужен человек" (к 100-летию со дня рождения Станислава Лема). Сажина О.С. *Земля и Вселенная*. 2021, № 5, с. 102-107. Рус.

Станислав Лем (12.09.1921—27.03.2006) — польский писатель-фантаст, футуролог и философ. Родился в г. Львове (Польша). Его произведения переведены более чем на 40 языков. В честь Станислава Лема назван астероид 3836 Лем, первый польский искусственный спутник «Лем», а также улицы — в Кракове и Величке.

22.02-01.30 Познавая тайны Вселенной (к 85-летию Института астрономии РАН). Длужневская О.Б., Вибе Д.З., Шустов В.М., Висикало Д.В. *Земля и Вселенная*. 2021, № 6, с. 4-18. Рус.

История Астрономического совета Академии наук СССР (Астросовета) — Института астрономии Российской академии наук — разделяется на две эпохи: 1936-1990 гг., когда его главной функцией была координация работы астрономических учреждений страны, и период с 1990 г. по настоящее время, когда бывший Астросовет стал многопрофильным научно-исследовательским учреждением (ЗнВ, 2006, № 5; 2016, № 6). У каждой из этих эпох были свои особенности и знаковые моменты. Эта статья посвящена, в основном, первому периоду. О втором периоде — исследованиях, которые проводятся в ИНАСАН в последние годы, — расскажут другие статьи этого номера журнала.

22.02-01.31 Я вечно к вам иду... (к 125-летию А.Л. Чижевского). Гурфинкель Ю.И. *Земля и Вселенная*. 2022, № 1, с. 89-108. Рус.

Александр Леонидович Чижевский — ученый, биофизик, один из основоположников космического естествознания. В феврале 2022 года отмечается 125 лет со дня его рождения. Его имя широко известно в России благодаря открытию им влияния ионизированного воздуха на организм человека и созданию так называемой «люстры Чижевского». Чижевский сделал ряд открытий, впервые опубликовав результаты своих огромных по собранному материалу исследований о периодически возникающей активности Солнца и ее влиянии на поведение человеческого сообщества. Он также исследовал пространственную организацию структурных элементов движущейся крови. В 1939 году он был номинирован на Нобелевскую премию. В сентябре 1939 года в Нью-Йорке состоялся Первый Международный конгресс по биологической физике и биологической космологии. В Меморандуме конгресса выдающиеся ученые того времени — А. д'Арсонваль, П. Ланжевен, Л. Борайль и др. — сравнили Чижевского с Леонардо да Винчи, оценив таким образом его многогранность и высокую научную продуктивность.

22.02-01.32 Михаил Валентинович Ковальчук (к 75-летию со дня рождения). Кристаллография. 2021. 66, № 5, с. 677-680. Рус.

22.02-01.33 Академик РАН Игорь Дмитриевич Спасский. Вильнит И.В., Сидоренко Л.Г. *Морской сбор-*

ник. 2021, № 8, с. 27-29. Рус.

22.02-01.34 Сибирскому научно-исследовательскому институту авиации имени С. А. Чаплыгина — 80 лет. *Серьезнов А.Н., Барсуку В.Е., Степанова Л.Н., Чемезов В.Л. Контроль. Диагностика.* 2021. 24, № 11, с. 4-9. Рус.

Аннотация. Приведены основные этапы создания Сибирского научно-исследовательского института авиации (СибНИА) имени С.А. Чаплыгина с 1941 г. по настоящее время. Представлены

основные работы по аэродинамике и прочности при нормальных условиях, высоких и криогенных температурах гиперзвуковой авиационной, ракетной и космической техники. Рассмотрены вопросы создания композиционного самолета ТВС-2ДТС, который является современной модернизированной версией самолета Ан-2, а также приведены примеры работ по восстановлению самолетов времен Великой Отечественной войны.

22.02-01.35 Памяти Бориса Евгеньевича Патона. *Физика и химия обработки материалов.* 2020, № 5, с. 82. Рус.

Классические проблемы линейной акустики и теории волн

Математическая теория распространения волн

22.02-01.36 О применении метода Галеркина к анализу собственных колебаний упругих тел. *Саурин В.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 1, с. 19-29. Рус.

Обсуждена актуальность вопросов, связанных с изучением колебаний упругих тел и конструкций. Проведен анализ публикаций и полученных результатов в данной области. Отмечено, что одной из общих характерных черт, присущей всем приближенным методам решения краевых задач, является некоторая неоднозначность в формулировке конечномерных аппроксимаций решения. Сформулирована краевая задача нахождения собственных частот однородной мембраны. Основная идея рассмотренных в этой работе подходов состоит в том, что используемые в уравнениях математической физики переменные всегда можно разделить на две группы, одна из которых состоит из так называемых измеряемых переменных, таких как смещение, скорость, температура и т.д.; другая — из неизменяемых величин: напряжение, импульс, тепловой поток и т.д. Исследованы вопросы, связанные с различными классическими формулировками спектральных задач, возникающих в теории упругости. Описан метод интегродифференциальных соотношений, который является альтернативным к классическим численным подходам. Исследованы возможности построения различных двусторонних энергетических оценок точности приближенных решений, вытекающих из метода интегродифференциальных соотношений. Введено однопараметрическое семейство квадратичных неотрицательных функционалов, условия стационарности которых совместно с интегродифференциальными ограничениями составляют полную систему уравнений, описывающую динамическое поведение упругих тел. Рассмотрен проекционный подход для решения спектральных задач линейной теории упругости. На примере задачи о свободных колебаниях круглой мембраны показана эффективность метода интегродифференциальных соотношений. Предложены разнообразные энергетические оценки точности приближенного решения, построенного с использованием полиномиальных аппроксимаций искомых функций. Показано, что применение стандартной техники метода Бубнова—Галеркина к задаче о свободных колебаниях приводит к возникновению комплексных собственных частот, причем действительная часть собственного числа является его приближенным значением, а мнимая часть служит оценкой точности решения. Предложенный численный алгоритм позволяет однозначно оценить локальное и интегральное качество полученных численных решений.

22.02-01.37 Метод интегродифференциальных соотношений в задаче о свободных изгибных колебаниях балок переменного поперечного сечения. *Саурин В.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 4, с. 449-461. Рус.

Обсуждаются вопросы, связанные с собственными колебаниями упругих балок переменного сечения. Отмечено, что одной из общих характерных черт, присущих краевым задачам математической физики, является некоторая неоднозначность в их формулировке. Сформулирована краевая задача нахождения собственных частот балки переменного сечения в перемещениях. Введением новых переменных, которые характеризуют

поведение системы, краевая задача сводится к трем обыкновенным дифференциальным уравнениям с переменными коэффициентами. Новые переменные имеют ясный физический смысл. Одна функция является линейной плотностью импульса, а другая — изгибающим моментом в поперечном сечении балки. Такая формулировка задачи о свободных колебаниях балки переменного сечения позволяет свести систему дифференциальных уравнений к одному уравнению четвертого порядка, записанному в терминах функции импульсов. Это уравнение эквивалентно исходному уравнению, сформулированному в перемещениях, но имеет другую форму. Описан метод интегродифференциальных соотношений, который является альтернативным к классическим численным подходам. Исследованы возможности построения различных двусторонних энергетических оценок точности приближенных решений, вытекающих из метода интегродифференциальных соотношений. Рассмотрен проекционный подход для решения спектральных задач линейной теории балок. На примере задачи о свободных колебаниях прямолинейной балки с квадратично меняющейся строительной высотой по ее длине показана эффективность метода интегродифференциальных соотношений. Предложены энергетические оценки точности приближенного решения, построенного с использованием полиномиальных аппроксимаций искомых функций. Показано, что применение стандартной техники метода Бубнова—Галеркина к задаче о свободных колебаниях приводит к появлению комплексных собственных частот. При этом отношение мнимой части к действительной части собственного числа является относительной погрешностью решения краевой задачи. Предложенный численный алгоритм позволяет однозначно оценить локальное и интегральное качество полученных численных решений.

22.02-01.38 Об отражении и прохождении плоской звуковой волны через упругую пластину с неоднородным покрытием, граничащую с вязкими жидкостями. *Неуен Т.Ш. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 5, с. 404-414. Рус.

Рассматриваются задачи об отражении и прохождении плоской звуковой волны через упругую однородную пластину с неоднородным упругим покрытием, граничащую с вязкими жидкостями, когда покрытие нанесено на разные стороны пластины. Выявлены особенности отражения и прохождения звука при разных законах неоднородности материала покрытия.

22.02-01.39 Численное моделирование распространения ячеистых пламен в узком зазоре между пластинами. *Борисов В.Е., Якуш С.Е., Сысоева Е.Я. Мат. моделирование.* 2022. 34, № 3, с. 3-25. Рус.

На основе численного решения уравнений многокомпонентного реагирующего газа в приближении малых чисел Маха представлена вычислительная модель горения предварительно перемешанной смеси в узком зазоре между параллельными пластинами. Применяется алгоритм поблочного адаптивного измельчения сетки, позволяющий достигать высокого разрешения в областях резкого изменения характеристик течения, в первую очередь вблизи фронта пламени. Использован детальный кинетический механизм горения метана в смеси с воздухом. Расчеты проводились с помощью разработанного авторами программного комплекса ParTCS-3D на суперкомпьютере K-100, установленном в ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. Продемонстрирована эффективность параллельной реализации раз-

работанной численной методики. Проведены параметрические расчеты горения стехиометрической метановоздушной смеси, расстояние между пластинами варьировалось в диапазоне 3–6 мм. Показано возникновение неустойчивости распространяющегося пламени, выражающееся в развитии ячеек на его фронте. При малой ширине зазора продемонстрировано погасание пламени вблизи источника зажигания. Получена расчетная зависимость видимой скорости распространения пламени от ширины зазора, свидетельствующая о более быстром распространении пламени в широком зазоре вследствие меньшего влияния вязкости и теплопотерь.

22.02-01.40 Двухслойные одномерные полностью консервативные разностные схемы газовой динамики с адаптивной регуляризацией. Рагимли О.Р., Повещенко Ю.А., Попов С.В. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 3, с. 26-42. Рус.

Рассматривается проблема численного решения системы одномерных уравнений газовой динамики в переменных Эйлера. Несмотря на обилие известных разностных схем для решения данных уравнений, существуют случаи, в которых стандартные методики оказываются неэффективными. Например, большинство известных схем плохо разрешают профили решения в задаче Эйнфельда и подобных ей. Поэтому целью настоящей работы было построение новой нелинейной полностью консервативной разностной схемы второго порядка аппроксимации и точности по пространству и времени свободной от вышеуказанных недостатков. Предложенная в работе схема основана на схеме А.А. Самарского и Ю.П. Попова, но дополнительно использует регуляризирующие добавки в виде адаптивной искусственной вязкости, предложенной И.В. Фрязиновым. Схема является неявной по времени и реализуется с помощью метода последовательных приближений. Для нее теоретически получены условия устойчивости решения. Схема протестирована на задаче Эйнфельда и расчетах ударных волн. Результаты численных экспериментов подтвердили необходимые заявленные свойства, а именно: второй порядок по пространству и времени, полную консервативность, монотонность решения в соответствующих случаях.

22.02-01.41 Примеры установившихся осесимметричных течений идеальной несжимаемой жидкости. Шевелев Ю.Д. *Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2022, № 2, с. 3-13. Рус.

Рассмотрены пространственные (осесимметричные) течения идеальной несжимаемой жидкости в многосвязных областях. В системе координат, связанной с потенциалом скоростей и функцией тока, для квазиконформных осесимметричных отображений построены аналоги степеней комплексного переменного, аналогичные тем, которые используются для конформных отображений в плоском случае. Рассмотрены квазианалитические полиномы произвольной степени и подобраны сопряженные к ней функции. Найденные решения, удовлетворяющие уравнению Лапласа в цилиндрической системе координат, в виде формальных степеней в "операторной" форме. Приводятся решения задач около тел конечных размеров, в полубесконечных областях, в осесимметричных каналах сложной формы при наличии внутреннего тела.

22.02-01.42 Устойчивость адвективного течения во вращающемся горизонтальном теплоизолированном снизу слое несжимаемой жидкости с твердыми границами при малом числе Прандтля. Шварц К.Г. *Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2022, № 2, с. 38-50. Рус.

Исследуется устойчивость адвективного течения в плоском вращающемся горизонтальном слое несжимаемой жидкости с твердыми границами. На верхней границе слоя задано линейное распределение температуры, нижняя граница теплоизолированная. Адвективное течение, возникшее за счет горизонтальной конвекции, описывается аналитически в виде нового точного решения уравнений Навье—Стокса в приближении Буссинеска. При малом значении числа Прандтля в рамках линейной теории исследуется устойчивость адвективного течения на нормальные возмущения для широкого диапазона числа Тейлора. Определяются наиболее опасные моды, строятся нейтральные кривые. В рамках нелинейной постановки задачи изучается

влияние вращения на структуру конечно-амплитудных возмущений в надкритической области вблизи минимумов нейтральных кривых.

22.02-01.43 Моделирование турбулентных течений вязкого сжимаемого газа с использованием параллельных вычислений. Шумишин А.А. *Химическая физика и мезоскопия.* 2021. 23, № 3, с. 292-302. Рус.

Представлена методика, использующая параллельные вычисления для моделирования течения газа в тракте твердотопливного ракетного двигателя. Алгоритм позволяет производить параллельные вычисления на компьютерах имеющих многоядерный центральный процессор (CPU). Приведена система уравнений гидромеханики описывающая осесимметричный поток сжимаемого вязкого газа. Система уравнений записана в цилиндрической системе координат. Алгоритм разработан на основе явной модифицированной схемы Стигера—Уорминга, позволяющий производить сквозной расчет всего тракта двигателя, как дозвукового течения продуктов сгорания в камере, так и сверхзвукового течения в сопле. Разработанная программа использует предложенный алгоритм для проведения параллельных вычислений на компьютере с многоядерным CPU. В работе приведены результаты исследований внутрикамерного нестационарного течения сжимаемого вязкого газа, полученные с использованием разработанной параллельной программы, и определена зависимость относительной вычислительной производительности компьютерной системы от количества ядер CPU участвующих в расчете.

22.02-01.44 Угол примыкания звуковой линии к обтекаемой поверхности. Сизья Г.Б. *Прикл. мат. и мех.* 2021. 85, № 6, с. 734-741. Рус.

Рассматривается вопрос об угле примыкания звуковой линии к обтекаемой поверхности в течениях с однородными полями энтропии и полной энтальпии. Проводится строгое (без применения асимптотических, численных и других приближенных методов) исследование уравнений Эйлера. Рассматриваются плоскопараллельные и незакрученные осесимметричные течения. Показывается, что угол примыкания звуковой линии зависит от кривизны поверхности. Если поверхность выпукла в сторону течения, то величина угла примыкания с дозвуковой стороны будет строго больше 90 градусов. Если поверхность вогнута в сторону течения, то величина угла примыкания с дозвуковой стороны будет строго меньше 90 градусов. Примыкание к прямолинейному участку поверхности в плоскопараллельном течении всегда происходит по нормали. В незакрученных осесимметричных течениях, если звуковая линия примыкает к прямолинейной образующей, параллельной оси симметрии, также возможно только примыкание по нормали. Для случая, когда прямолинейная образующая не параллельна оси симметрии, показывается, что угол примыкания со звуковой стороны только прямой (примыкание по нормали) или нулевой (примыкание по касательной).

22.02-01.45 О возможности безотражательного распространения плоских акустических волн в непрерывно-стратифицированных средах. Петухов Ю.В. *Акустический журнал.* 2022, № 2, с. 129-138. Рус.

На примере вертикального распространения плоских акустических волн в атмосфере установлено, что безотражательное распространение акустических волн реализуется лишь только в тех непрерывно-стратифицированных средах, для которых волновые уравнения с переменными коэффициентами для возмущения давления и колебательной скорости одним и тем же преобразованием при одном и том же профиле волнового акустического сопротивления, обратно пропорционального показателю преломления, сводятся к волновому уравнению сравнения с постоянными коэффициентами. Показано, что соответствующие преобразования волновых уравнений возможны лишь для непрерывно-стратифицированных сред с постоянной величиной волнового акустического сопротивления.

Отражение, дифракция и рефракция волн

22.02-01.46 Моделирование непрерывно-неоднородного покрытия упругого цилиндра с заданными звукоот-

ражающими свойствами в полупространстве. *Ефимов Д.Ю. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 4, с. 125-133. Рус.

Рассматривается задача дифракции плоской звуковой волны упругим цилиндром с непрерывно-неоднородным упругим покрытием, находящимся вблизи идеальной абсолютно жесткой или акустически мягкой поверхности. Рассчитаны угловая и частотная зависимости амплитуды рассеянного акустического поля. Показана возможность моделирования неоднородных упругих покрытий с заданными звукоотражающими свойствами. В классе многочленов второй степени были найдены аналитические зависимости, характеризующие неоднородные покрытия, минимизирующие интенсивность рассеяния звука в заданных угловых и частотных диапазонах.

22.02-01.47 Дифракция акустической волны на жестком шаре с упругим анизотропным покрытием. *Скобельцын С.А., Вирюков Д.Р. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 11, с. 177-184. Рус.

Рассматривается задача рассеяния акустической волны на абсолютно жестком шаре с упругим анизотропным радиально-неоднородным сферическим покрытием. Шар помещен в идеальную жидкость, в которой распространяется падающая волна. Описываются входные данные для покрытия, допустимые для данной задачи. Приводится аналитическое решение поставленной задачи дифракции. Решение сводится к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений с совокупностью граничных условий. Приводятся результаты численных исследований и выводы, основанные на них.

22.02-01.48 Задача о дифракции плоской звуковой волны на упругом цилиндре с трансверсально-анизотропным неоднородным покрытием. *Скобельцын С.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 11, с. 230-239. Рус.

Рассматривается задача о рассеянии плоской звуковой волны неоднородным упругим круговым цилиндром, находящимся в идеальной жидкости. Предполагается, что материал внешнего слоя цилиндра является трансверсально-изотропным и его параметры являются функциями расстояния от оси цилиндра. Получено численно-аналитическое решение задачи с использованием разложения смещения и напряжений в неоднородном слое в ряд Фурье. Показано влияние неоднородности параметров покрытия на давление в рассеянном акустическом поле вблизи цилиндра.

22.02-01.49 Дифракция звуковых волн на упругом цилиндре с неоднородным покрытием, расположенном вблизи поверхности упругого полупространства. *Толоконников Л.А., Ефимов Д.Ю. Прикл. мат. и мех.* 2021, 85, № 6, с. 779-791. Рус.

Получено аналитическое решение задачи дифракции цилиндрических звуковых волн на упругом цилиндре с радиально-неоднородным упругим покрытием, расположенном вблизи поверхности упругого полупространства. Представлены результаты расчетов акустического поля в дальней зоне.

Рассеяние акустических волн

22.02-01.50 Рассеяние звука на твёрдом цилиндре с упругим анизотропным неоднородным покрытием. *Ларин Н.В., Белкин А.Э. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 11, с. 107-117. Рус.

Представлено решение прямой задачи дифракции плоской звуковой волны на жестком бесконечном линейном цилиндре с упругим неоднородным трансверсально-изотропным покрытием. Цилиндр расположен в неограниченном трёхмерном пространстве, заполненном идеальной жидкостью. Описаны ограничения, накладываемые на возможные значения компонент тензора модулей упругости для покрытия цилиндра. Решение задачи основано на линейной теории упругости и модели распространения малых возмущений в идеальной жидкости. Общие уравнения движения сплошной среды с учётом условий задачи сводятся к системе обыкновенных дифференциальных

уравнений и позволяют через краевые условия определить коэффициенты разложения рассеянной волны. Приведены результаты расчёта амплитуды рассеяния звуковой волны.

Упругие волны в твердых телах

22.02-01.51 Напряжения в симметричной волне Лэмба среднего диапазона. исследование внутренней волны. *Мокряков В.В. Акустический журнал.* 2022, № 2, с. 119-128. Рус.

Рассмотрено напряженно-деформированное состояние упругой неограниченной пластины в процессе распространения фундаментальной моды симметричной волны Лэмба. Особое внимание уделено случаю диапазона волн средней длины, т.е. длины волны, сравнимой с толщиной пластины. Проведено сравнение полей напряжений волн средней длины с полями напряжений длинноволнового и коротковолнового приближений. Найдена внутренняя волна, для которой в рамках линейно-упругой модели на поверхности пластины все компоненты деформаций и напряжений, а также продольные смещения, равны нулю, и их локализация происходит в толще пластины. Это означает, что использование поверхностных датчиков смещений неэффективно для регистрации такой волны. Доказано, что в данном случае материал находится в состоянии чистого сдвига, т.е. первый инвариант равен нулю.

Отражение, дифракция, рассеяние упругих волн

См. 22.02-01.46, 22.02-01.49

Стоячие волны, резонанс, нормальные моды

22.02-01.52 Расчет резонансных частот горловой части резонатора Гельмгольца (Розрахунок резонансных частот горлової частини резонатора Гельмгольца). *Корытко Я.С. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2018, 23, № 5, с. 70-75. Рус.

Наведено розрахунок резонансных частот горловины резонатора Гельмгольца с метою подальшої оцінки взаємозв'язку резонансних частот, отриманих експериментально, з резонансними частотами одного з основних елементів резонатора для створення ширококутних акустичних систем або метаматеріалів. Метою роботи є розрахунок резонансних частот горловины резонатора Гельмгольца. Параметри горловины обрані рівними параметрам горловины одного з резонаторів досліджених експериментально. В результаті розрахунку отримані чисельні значення для перших шістдесяти чотирьох резонансних частот.

22.02-01.53 Расчет амплитуд смещений горловой части резонатора Гельмгольца на резонансных частотах (Розрахунок амплітуд зміщень горлової частини резонатора Гельмгольца на резонансних частотах). *Корытко Я.С., Наїда С.А. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2019, 24, № 1, с. 79-84. Рус.

Метою роботи є аналіз амплітуд коливань горловины резонатора Гельмгольца на резонансних частотах. Надано розрахунок амплітуд зміщень горловины резонатора Гельмгольца при коливаннях на резонансних частотах з метою подальшої оцінки взаємозв'язку резонансних частот, отриманих експериментально, з резонансними частотами одного з основних елементів резонатора для створення ширококутних акустичних систем або метаматеріалів. Отримані чисельні значення амплітуд коливань для перших шістдесяти семи резонансних частот. Представлено аналіз отриманих результатів. Параметри горловины обрані рівними параметрам горловины одного з резонаторів досліджених експериментально.

Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

22.02-01.54 Локализованные турбулентные структуры в течении в длинной трубе при минимальном количестве ограничений на симметрию. *Altmeyer S. Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2022, № 2, с. 141-150. Рус.

Граница ламинарно-турбулентного перехода, называемая также гранью (edge), отделяет — по крайней мере, на конечном промежутке времени — траектории, стремящиеся к турбулентному аттрактору, от траекторий, притягиваемых ламинарным аттрактором. Для изучения динамики течения на этой границе (сепаратрисе) в работе выполнено прямое численное моделирование переходного течения в трубе в длинной расчетной области при числах Рейнольдса $Re \in [2200, 2800]$. Полученное решение имеет форму структуры, локализованной в пространстве и движущейся вниз по течению. По своим качественным характеристикам эти течения близки к турбулентным порывам, наблюдаемым в экспериментах в режиме переходных чисел Рейнольдса. Динамика состояний в области седла в фазовом пространстве на сепаратрисе, представляющей собой гиперповерхность течения в трубе, является хаотичной. Описаны локализованные решения на сепаратрисе для течений в трубах и изучена их взаимосвязь с турбулентными порывами при минимальном числе искусственных ограничений на структуру течения. Именно, рассмотрена только зеркальная симметрия и исследовано поведение решения в данном подпространстве. В отличие от решений, на которые наложены симметрии более высокого порядка, найденные в работе решения на сепаратрисе, обладают той же сложностью, что и решения в полном пространстве и, следовательно, представляют собой реальные физические (симметричные) течения.

22.02-01.55 Прохождение и захват волн в акустическом волноводе с перфорированными перегородками. *Назаров С.А., Шенель Л. Прикл. мат. и мех.* 2022. 86, № 1, с. 35-65. Рус.

Изучаются захват и прохождение волн через акустический волновод с семейством перфорированных перегородок. Собственные числа соответствующей спектральной задачи Неймана для оператора Лапласа найдены при условии геометрической симметрии. Почти полное прохождение поршневой волны через систему мелких отверстий (инвертированная аномалия Вайнштейна) достигается путем точной настройки расстояния между перегородками при разнообразной конфигурации соединительных отверстий. Установлен критерий возможности образования названной аномалии. Обсуждаются родственные вопросы, в частности, примитивные волновые фильтры и эффект камеры обскуры.

Излучение источников, импеданс, картины полей

22.02-01.56 Анализ влияния поверхностных напряжений на эффективные свойства нанопористых пьезокомпозиов. *Наседкин А.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 1, с. 5-18. Рус.

Рассматривается задача гомогенизации смесевых пьезоэлектрических композитных материалов со стохастически распределенными включениями или порами при наличии механически несовершенных межфазных границ. Принятые интерфейсные условия соответствуют модели Гуртина—Мурдоха и дают существенный вклад только для наноструктурированных композитов. Для определения эффективных свойств использован комплексный подход, основанный на теории эффективных модулей, моделировании представительных объемов и на методе конечных элементов. Описана совокупность краевых задач, позволяющих найти полный набор эффективных модулей жесткости, пьезомодулей и диэлектрических проницаемостей пьезокомпозита произвольного класса анизотропии. Численное решение задач гомогенизации осуществлено в конечно-элементном комплексе ANSYS, который использовался как для моделирования представительных объемов композита, так и для расчета его эффективных свойств. Представительный объем состоял из регулярного кубического массива пьезоэлектрических конечных элементов с материальными свойствами двух фаз. Границы контакта между материалами различных фаз по-

крывались упругими мембранными элементами, которые моделировали интерфейсные поверхностные напряжения. Конкретная реализация проведена для нанопористых пьезокерамических композиций, для которых исходные фазы и гомогенный материал являлись материалами гексагонального класса симметрии, причем поры рассматривались как пьезоэлектрический материал с пренебрежимо малыми модулями жесткости и пьезомодулями. Для такого композита мембранные элементы наследовали структуру анизотропии объемных элементов на их общих границах. В качестве примера представлены результаты расчетов эффективных модулей пористой сегнетомягкой пьезокерамики PZT-5Н. Отмечено, что поверхностные напряжения на границах пор могут существенно повысить значения эффективных модулей жесткости. Однако они оказывают слабое влияние на значения эффективных пьезомодулей и диэлектрических проницаемостей.

22.02-01.57 Моделирование составных кольцевых ультразвуковых волноводов с помощью метода конечных элементов. *Степаненко Д.А., Бунчук К.А. Наука и техника.* 2021. 20, № 6, с. 476-481. Рус.

Описана методика моделирования и оптимизации составных кольцевых ультразвуковых волноводов, состоящих из двух последовательно соединенных сегментов из различных материалов, с помощью метода конечных элементов. Обоснована возможность применения таких волноводов для усиления колебаний по амплитуде. Преимущество разработанной методики — возможность ее реализации с помощью стандартного программного обеспечения, в частности COMSOL Multiphysics. Корректность и эффективность методики подтверждена путем сравнения численных данных с результатами моделирования с помощью метода передаточных матриц с применением уравнений колебаний типа Эйлера—Бернулли и Тимошенко. Показано, что в составных кольцевых волноводах могут возникать собственные формы колебаний двух типов — знакопеременные и знакопостоянные, причем практический интерес для усиления колебаний по амплитуде представляют только знакопостоянные моды. Даны рекомендации по выбору оптимальных геометрических параметров волноводов, в частности показано, что для обеспечения максимального коэффициента усиления колебаний по амплитуде центральные углы сегментов волновода должны выбираться с учетом расчетной зависимости коэффициента усиления от угла, характеризующейся наличием нескольких локальных максимумов коэффициента усиления. Отмечено, что высокая точность существующих полуаналитических методов расчета и проектирования кольцевых волноводов достигается при использовании методов, основанных на применении уравнений колебаний типа Тимошенко.

22.02-01.58 Исследование целесообразности применения генетического алгоритма для задач электроакустики (Дослідження доцільності застосування генетичного алгоритму для задач електроакустики). *Зубков А.Д., Волков Д.Д., Дідковський В.С. Микросистеми, Електроніка і Акустика (с лютого 2017 року правонаступник, заснованого в березні 1995 року журналу "Електроніка і Св'язь укр.")* 2021. 26, № 1, с. 227793_1-227793_6. Рус.

DOI: <https://doi.org/10.20535/2523-4455.me.227793>. У даній статті розглянуто адаптацію та застосування генетичного алгоритму для знаходження параметрів моделі електродинамічного перетворювача. Розглянуто переваги та недоліки даного методу порівняно із класичними методами ідентифікації із застосуванням доданої маси. Представлено виведення функції пристосованості для оцінки ідентифікованих параметрів що може також бути використана для ідентифікації інших типів електроакустичних перетворювачів. Було розглянуто теорію, що лежить в основі генетичних алгоритмів, і показано, як генетичні алгоритми працюють, збираючи найкращі рішення з невеликих структурних елементів, що володіють чудовими якостями. Далі було розібрано відмінності між генетичними і традиційними алгоритмами, в тому числі підтримку популяції рішень і використання генетичного уявлення рішень. Після цього було описано сильні сторони генетичних алгоритмів, що включають можливість глобальної оптимізації і застосовність до завдань зі складним математичним представленням або взагалі без представлення і стійкість до шуму. Також були освітлені

недоліки: необхідність спеціальних визначень і налаштування гіперпараметрів, небезпеки передчасної збіжності. На закінчення перераховано ситуації, коли застосування генетичних алгоритмів може дати перевагу. Цей алгоритм не прив'язаний до конкретної інженерної чи наукової галузі, що робить його універсальним, рівною мірою він використовується і в генетиці і у комп'ютерних науках. За допомогою генетичного алгоритму було визначено параметри та порівняно їх з більш класичним для акустики методом доданої маси. Порівняльна таблиця у роботі ілюструє високу точність генетичного алгоритму у порівнянні з методом доданої маси. В ході роботи над практичною частиною, також щоб покращити поведінку моделі на частотах вищих за резонанс, було вирішено ускладнити модель електричної підсистеми перетворювача та увести додаткові параметри: паралельний опір та паралельну індуктивність. Ускладнена модель, як наслідок, почала краще відповідати вимірним значенням у всій частотній області, а отже є більш точною. Це є прикладом зручності використання генетичного алгоритму при переході від ідентифікації однієї моделі зі специфічними параметрами до іншої. Результати даної роботи доводять, що використання генетичного алгоритму є доцільним для вирішення задач електроакустики адже його використання дозволяє швидко експериментувати та ідентифікувати більш складні моделі для яких метод доданої маси не може бути застосованим. Також, у перспективі, генетичний алгоритм може бути застосований для ідентифікації моделей перетворювачів у часовій області, наприклад, нелінійних моделей електродинамічних перетворювачів або моделей у фазовому просторі, що є предметом майбутніх досліджень.

22.02-01.59 Направлення развития технологий, обеспечивающих создание пьезоматериалов с технологически задаваемой совокупностью параметров. Нестеров А.А., Панич А.А., Толстухов М.И. Физические основы приборостроения. 2021. 10, № 3, с. 118-126. Рус.

В процессе разработки пьезопреобразователей (ПП) возникают задачи воспроизводимости их электрофизических (ЭФП), физических (ФП) и механических параметров (МП), оптимизации их значений и обеспечения стабильности этих параметров по отношению к управляющим электрическим полям, внешним механическим напряжениями и иным факторам (температура, давление). В данной работе представлен подход, который позволяет решить совокупность указанных задач в рамках высоко- и низкотемпературных технологий. Этот подход базируется на новой модели, описывающей влияние точечных и протяжённых дефектов на значения ЭФП и МП пьезокерамических материалов, и позволяет в широких пределах варьировать значения параметров, изготавливаемых ПП за счёт целенаправленного создания этих дефектов в порошках базовых сегнетоэлектрических фаз (на этапе их синтеза). Эффективность такой технологии проиллюстрирована на примере пьезокерамических материалов, изготовленных на основе фаз системы $PbZrO_3-PbTiO_3-Pb(Cd_{0,5}W_{0,5})O_3$. Показано, что пределы варьирования величины составили от 700 до 1940, а продольного пьезомодуля от 100 до 440 пКл/Н. Дополнительно описанные технологии синтеза порошков базовых фаз и спекания из них керамических образцов позволяют также в десятки раз снизить выбросы соединений свинца и висмута в воздух производственных помещений.

22.02-01.60 Влияние сужения сопла на работу генератора периодических импульсных струй. Очеретянский С.А., Прокофьев В.В. Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2022, № 2, с. 14-26. Рус.

Проведенные ранее экспериментальные исследования струйных течений жидкости в присутствии искусственной каверны с отрицательным числом кавитации показали, что при определенных условиях в гидравлической системе возникают кавитационные автоколебания с высокой интенсивностью пульсаций давления. В работе исследуется течение в магистральной, состоящей из сопротивления (кавитатора), искусственной газовой каверны и сужающегося сопла, через которое жидкость и газ истекают в атмосферу. Обнаружено, что при умеренных поддувах газа в каверну, когда автоколебания отсутствуют и давление в каверне стационарно, в области взаимодействия струи с препятствием (экраном) наблюдаются импульсы давле-

ния ударного характера. Этот эффект связан, по-видимому, с интенсивным развитием тейлоровских структур на границе образующейся в этом течении каверны с отрицательным числом кавитации. Проведено исследование зависимости интенсивности периодического импульсного воздействия на препятствие от величины сужения сопла для двух частотных режимов кавитационных автоколебаний. Расчеты, проведенные в рамках одномерной модели истечения из сопла порции несжимаемой жидкости, хорошо согласуются с экспериментальными данными.

См. также **22.02-01.44, 22.02-01.49**

Численные методы, компьютерное моделирование

22.02-01.61 Моделирование прохождения упругих волн через зоны неидеального контакта с помощью граничных условий пружинного типа. Голуб М.В., Дорошенко О.В. Проблемы прочности и пластичности. 2015. 77, № 2, с. 182-190. Рус.

Рассматривается волновая динамика разномодульных соединений с неидеальным контактом материалов. Используются две модели для описания зон неидеального контакта: граничные условия пружинного типа и распределенный набор микротрещин. Строится решение задачи о прохождении плоской упругой волны через зону неидеального контакта на основе обеих моделей. Приравнивание коэффициентов прохождения позволяет получить выражение для компонент матрицы жесткости в граничных условиях пружинного типа. Проводится сравнение с известными результатами и обсуждается возможность применения развиваемых моделей при идентификации зон неидеального контакта.

22.02-01.62 Влияние упругой нелинейности и депланации на параметры крутильной волны, распространяющейся в тонкостенном стержне. Ерофеев В.И., Ламтси Б.Б. Проблемы прочности и пластичности. 2015. 77, № 2, с. 191-197. Рус.

Рассматривается математическая модель, позволяющая описать распространение крутильной волны в стержне, включающая в себя геометрическую и физическую упругие нелинейности и депланацию, то есть выход поперечного сечения в процессе деформации стержня из первоначального плоского состояния. В отличие от большинства известных моделей здесь связь между углом закручивания стержня и мерой депланации не постулируется, а находится в процессе решения задачи. Определено, что наличие депланации влечет за собой дисперсию фазовой скорости крутильной волны. Показано, что одновременное присутствие нелинейности и дисперсии приводит к формированию несинусоидальных стационарных волн в стержне, распространяющихся с постоянной скоростью без изменения формы.

22.02-01.63 Численное моделирование ударного взаимодействия упругого цилиндра со льдом. Баландин В.В., Крылов С.В., Повереннов Е.Ю., Садовский В.В. Проблемы прочности и пластичности. 2017. 79, № 1, с. 93-103. Рус.

Методами численного моделирования исследуются процессы ударного взаимодействия упругого цилиндра со льдом. Приводятся результаты серии лабораторных обращенных экспериментов по нормальному соударению цилиндрических тел со льдом, полученным замораживанием дистиллированной воды. Эксперименты по изучению основных закономерностей ударного взаимодействия упругого цилиндра с ледяной преградой проводятся на установке ПГ-57, реализующей метод мерного стержня в обращенном эксперименте. Экспериментальные данные сопоставляются с данными расчетов, основанных на применении модифицированного разностного метода С.К. Годунова и пакета программ LS-DYNA. Анализируются динамика развития волновых процессов в толще ледяной преграды и поведение сил сопротивления прониканию при различных скоростях соударения. Построена приближенная кривая объемной сжимаемости используемого льда. Отмечается удовлетворительное соответствие полученных с помощью различных программных средств результатов и опытных данных.

22.02-01.64 Численное моделирование трехмерных процессов разгона упругопластических тел взрывом. *Абузяров К.М., Абузяров М.Х., Глазова Е.Г., Кочетков А.В., Крылов С.В., Маслов Е.Е., Романов В.И. Проблемы прочности и пластичности.* 2018. 80, № 2, с. 255-266. Рус.

Описывается численная методика расчета трехмерных процессов разгона деформируемых тел продуктами детонации твердых взрывчатых веществ в воздухе. Численное решение уравнений совместного движения продуктов взрыва, воздуха и упругопластической среды производится в эйлеровых переменных на базе модифицированной схемы С.К. Годунова, единой как для газодинамических, так и для упругопластических течений, с применением точного решения задачи распада разрыва в средах и на границе газ—упругое тело. Методика использует три вида пространственных сеток. Первые сетки — наборы треугольников (STL-файлов), задающие поверхности объектов и отслеживающие эти поверхности в процессе движения. Вторые сетки — это базовые неподвижные декартовы сетки, вложенные в каждую среду. Третий вид сеток — локальные ортогональные подвижные сетки, привязанные к каждому треугольнику первого вида сеток. На базовых и локальных сетках происходит интегрирование уравнений динамики сплошной среды и взаимная интерполяция параметров между сетками различных видов. Для расчета процесса распространения детонации в твердом взрывчатом веществе используется алгоритм, основанный на принципе Гюйгенса и учете энергосвободы при приходе детонационной волны в интегрируемую ячейку. Приведены примеры численных расчетов разгона упругих и упругопластических тел, имеющих форму диска, тетраэдра и куба из различных материалов, примыкающих к заряду. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о применимости описанной методики для расчета связанных процессов разгона деформируемых тел продуктами детонации до торможения в окружающей среде. Выявлены закономерности процесса разгона при инициации детонации в центре сферического заряда. В частности, длительность времени разгона тела сопоставима с временем выхода детонационной волны на поверхность контакта; основные остаточные деформации, изменяющие геометрию тел, происходят на начальной стадии разгона и влияют на взаимодействие с продуктами детонации и на параметры движения тел; наблюдается значительная зависимость максимальной скорости разгона от начальной геометрии разгоняемого тела, его ориентации к детонационному фронту и деформационных свойств при одной и той же массе.

22.02-01.65 Численное исследование колебаний двух близкорасположенных заглубленных крупногабаритных сооружений. *Баженов В.Г., Дюкина Н.С. Проблемы прочности и пластичности.* 2018. 80, № 3, с. 349-358. Рус.

Предлагаются математическая модель и методика численного моделирования, учитывающие контактное взаимодействие сооружений с грунтовым основанием, адекватно описывающие сейсмические процессы в грунте и позволяющие проводить численные исследования сейсмических вибраций сооружений при различных параметрах процесса. Для описания деформирования тел в рамках гипотез механики сплошной среды используется вариационно-разностный подход. Движение среды описывается в переменных Лагранжа уравнениями, следующими из вариационного принципа Даламбера—Лагранжа в форме Журдена, в неподвижной декартовой системе координат. Решение определяющей системы уравнений при заданных начальных и граничных условиях основывается на вариационно-разностном методе дискретизации по пространственным координатам и явной схеме интегрирования по времени. Массив грунта представляется прямоугольным параллелепипедом, размеры которого в совокупности с неотражающими граничными условиями достаточны для исключения влияния краевых эффектов на результаты расчета вблизи сооружения. Грунт считается идеально упругим. Жесткие грунты моделируются однородной или многослойной средой, для мягких оснований применяется трансверсально-изотропная модель, учитывающая изменение характеристик грунта с глубиной. Слои грунта полагаются жестко склеенными, а между сооружением и грунтом

моделируется контактное взаимодействие с трением: нормальные к поверхности контакта компоненты усилий находятся из условия непроникания, а касательные усилия — в соответствии с законом Амонтона—Кулона. Расчетная область находится в поле сил тяжести. Расчет полей перемещений и напряжений от действия сил тяжести производится с применением процедуры гашения кинетической энергии в момент достижения максимума до ее установления с заданной точностью. Эффективность вычислений по данной методике определяется разработанными неотражающими граничными условиями, способом воспроизведения заданной экспериментальной сейсмограммы и применением методов параллельных вычислений. Проведены численные исследования динамических вибраций системы двух разновеликих крупногабаритных сооружений, позволяющие выявить закономерности поведения близкорасположенных сооружений при землетрясении.

22.02-01.66 Колебания балки в поле аддитивного цветного шума. *Крысько В.А., Палкова И.В., Кутепов И.Е., Крысько А.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 1, с. 53-62. Рус.

Делается попытка очистить от шумовых воздействий колебания балки, лежащей на вязкоупругом основании. Полагается, что справедлива гипотеза Бернулли—Эйлера. Рассматривается воздействие белого, красного, розового, фиолетового и синего шумов. Шум учитывается как составляющая внешней знакопеременной распределенной нагрузки. Уравнения движения балки получены в частных производных из принципа Гамильтона—Остроградского. Уравнения в частных производных сводятся к задаче Коши методом конечных разностей 2-го порядка точности, которая решается методами типа Рунге—Кутты. С целью очистки колебаний балки от шума был использован метод главных компонент, с помощью которого обработаны решения линейных дифференциальных уравнений в частных производных, описывающие колебания прямолинейных балок, лежащих на вязкоупругом основании. Решения уравнений представлялись в виде двухмерного массива данных, соответствующих прогибам в узлах балки в различные моменты времени. Для оценки качества очистки сравнивались спектры мощности Фурье, полученные при отсутствии шумового воздействия, с шумовым воздействием и после очистки. Рассмотрены задачи для балок, шарнирно опертых по концам, жестко заделанных по концам и шарнирно опертых на одном конце и жестко заделанных на другом. Удалось полностью очистить сигналы от четырех типов шумов: белого, розового, синего, фиолетового.

22.02-01.67 Математическое моделирование нелинейных колебаний пластинки при воздействии цветного шума с учетом контактного взаимодействия с балкой. *Яковлева Т.В., Баженов В.Г., Кружилин В.С., Крысько В.А. Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 3, с. 324-332. Рус.

Построена математическая модель контактного взаимодействия пластинки, локально подкрепленной по центру балкой, находящейся под действием внешней поперечной нагрузки и внешнего аддитивного цветного шума (розовый, красный, белый). Конструкция находится в стационарном температурном поле, воздействие которого учтено по теории Дюамеля—Неймана путем решения трехмерного (для пластинки) и двумерного (для балки) уравнений теплопроводности методом конечных разностей, теплообмен между пластинкой и балкой не учитывается. Для пластинки принята модель Кирхгофа, для балки — модель Эйлера—Бернулли. Построенная математическая модель учитывает физическую нелинейность упруго деформируемого материала. Для моделирования контактного взаимодействия применена теория Б.Я. Кантора. Система дифференциальных уравнений сведена к задаче Коши методами Бубнова—Галеркина в высших приближениях или конечных разностей по пространственным переменным. Задача Коши решена методами Рунге—Кутты четвертого порядка точности или методом Ньюмарка. На каждом шаге по времени для решения физически нелинейной задачи применена итерационная процедура И.А. Биргера. Для анализа результатов численного эксперимента использованы методы нелинейной динамики (построение сигналов, фазовых портретов, сечений Пуанкаре, спектров мощности Фурье и вейвлет-спектров Морле,

анализ знака показателей Ляпунова методами Вольфа, Канда, Розенштейна). Приведены численные результаты влияния цветного шума на контактное взаимодействие пластинки и балки. Установлено, что красный аддитивный шум оказывает более существенное влияние на характер колебаний пластинчатобалочной конструкции по сравнению с розовым и белым шумами.

22.02-01.68 Численное моделирование падения массивного ударника на железобетонную балку. Герцик С.М., Новожилков Ю.В. *Проблемы прочности и пластичности*. 2020. 82, № 1, с. 5-15. Рус.

Приводятся результаты численного моделирования динамики железобетонной балки, армированной продольными стержнями и поперечными рамами из стержней, под воздействием падения массивного ударника. Для описания динамического поведения материала бетона применяется модель Холмквиста—Джонсона—Кука. Арматура балки моделируется балочными элементами с применением билинейной модели упругопластического материала с изотропным упрочнением. Для связи арматуры и бетона вводятся дополнительные кинематические уравнения, связывающие степени свободы соответствующих узлов балочных и объемных конечных элементов. Математическая модель позволяет вводить дополнительные критерии разрушения для прогноза распространения трещин при растяжении. В качестве критерия разрушения при растяжении приняты давление меньше минимального (разрушение только в зоне растяжения) и превышение пороговой объемной деформации. Разрушение моделируется путем удаления элементов из расчетной схемы при удовлетворении критериев разрушения. Исследуется влияние учета разрушения на отклик балки. Численное моделирование проводится методом конечных элементов с явным интегрированием по времени в системах ЛОГОС и LS-DYNA. Для моделирования бетона используются линейные четырехузловые конечные элементы с одной точкой интегрирования. Ударник моделируется как абсолютно твердое тело с детально описанным ударным торцом. Приводится сравнение полученных результатов расчетов с экспериментальными данными. Демонстрируется, что модель материала Холмквиста—Джонсона—Кука, разработанная для расчетов высокоскоростных соударений, может также применяться и в задачах низкоскоростного соударения.

22.02-01.69 О колебаниях на поверхности преднапряженного термоупругого слоистого полупространства. Леви Г.Ю., Игумнов Л.А. *Проблемы прочности и пластичности*. 2020. 82, № 2, с. 123-134. Рус.

Исследуются контактные задачи о возбуждении гармонических колебаний термоупругого слоистого преднапряженного тела осциллирующим жестким штампом на его поверхности. На границе раздела сред рассмотрены два режима механических условий при идеальном тепловом контакте: жесткое сцепление и отсутствие трения по одной из координат. Начально-деформированное состояние создается за счет тепловых и механических воздействий. Для отыскания решения контактных задач введены краевые задачи с однородными граничными условиями на поверхности. Построена функция Грина вспомогательных задач. Методами операционного исчисления система интегральных уравнений относительно функции распределения напряжений сведена к одномерному интегральному уравнению. Его решение получено с использованием метода фиктивного поглощения. Рассмотрены контактные задачи о колебаниях полупространства из оксида магния с покрытием из сульфида кадмия. Вычислено и представлено на графиках решение задач — распределение вертикальных смещений на всей поверхности термоупругого преднапряженного тела. Исследовано влияние предварительного нагрева покрытия и условий на границе раздела сред на распределение по поверхности слоистого полупространства вертикальных напряжений и смещения. Показано, что в условиях преднагрева и растяжения слоя в направлении горизонтальной координаты при воздействии жесткого штампа на поверхность возникают бо́льшие вертикальные напряжения в случае жесткого защемления покрытия с основанием, чем при неидеальном сцеплении. На вертикальные смещения вне области контакта преднагрев и растяжение слоя, напротив, влияют больше при неидеальной сцепке.

22.02-01.70 Численное исследование влияния электрического заряда дисперсной фазы на распространение ударной волны из чистого газа в запылённую среду. Тужмаков Д.А., Ахунов А.А. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика*. 2020. 20, № 3, с. 183-192. Рус.

Рассматривается распространение ударной волны из чистого газа в гетерогенную смесь, состоящую из твердых частиц, взвешенных в газе и имеющих электрический заряд. Применяемая математическая модель учитывает скоростное и тепловое взаимодействие несущей и дисперсной компонент смеси. Силовое взаимодействие частиц и газа описывалось силой аэродинамического сопротивления. Несущая среда описывалась как вязкий сжимаемый теплопроводный газ. Уравнения математической модели решались явным конечно-разностным методом второго порядка точности с применением схемы нелинейной коррекции сеточной функции. Система уравнений математической модели дополнялась граничными и начальными условиями для искомых функций, описывающих динамику несущей и дисперсной компонент смеси. В результате численного моделирования было выявлено, что в электрически заряженной газозвеси наблюдается отличие в давлении и скорости газа, «средней плотности» и скорости дисперсной компоненты от аналогичных величин в газозвеси с электрически нейтральной дисперсной компонентой. При этом на участках канала, где значение «средней плотности» в электрически заряженной газозвеси больше, чем в нейтральной, наблюдается рост давления и уменьшение скорости несущей среды.

22.02-01.71 Численный расчёт влияния количества ступеней кольцевого термоакустического двигателя Стирлинга на его характеристики. Горшков И.Б., Петров В.В. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика*. 2021. 21, № 2, с. 133-144. Рус.

Термоакустический двигатель с бегущей волной является разновидностью семейства двигателей Стирлинга. При увеличении количества ступеней кольцевого термоакустического двигателя с бегущей волной с одной до четырех наблюдается улучшение характеристик акустической волны в зоне регенератора, уменьшается разность температур между теплообменниками, необходимая для старта двигателя, и увеличивается КПД. По этой причине важно исследовать закономерности изменения характеристик двигателя при дальнейшем увеличении количества ступеней. Целью работы было исследование влияния количества ступеней на характеристики акустической волны в двигателе. Был проведён численный расчёт восьми моделей двигателей с числом ступеней от трёх до десяти в программе Delta EC. Рабочее тело — аргон под давлением 1.5 МПа, диаметр теплообменных аппаратов 160 мм, диаметр акустического резонатора 41.2 мм, длина кольцевого корпуса двигателя у всех моделей была равна 8 метрам. Ступени во всех двигателях были конструктивно одинаковыми. В ходе расчётов изменялось количество ступеней и количество акустических нагрузок при сохранении неизменной суммарной длины корпуса. Для каждой из восьми исследуемых моделей была проведена оптимизация величины акустической нагрузки, для достижения максимума КПД двигателя. Было показано, что при увеличении количества ступеней с трёх до десяти происходит постепенное увеличение разности фаз между колебаниями давления и скорости газа, т.е. приближение волны к параметрам стоячей во всей полости резонатора. При этом максимум мощности акустической нагрузки и КПД наблюдался при количестве ступеней равном пяти. При увеличении количества ступеней с пяти до десяти мощность каждой отдельной ступени снизилась на 15.8%, а КПД понизился на 8%.

22.02-01.72 Моделирование интенсивных пучков заряженных частиц в протяженных электронооптических системах. Козырев А.Н., Свешиков В.М. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 3, с. 71-84. Рус.

Интенсивные пучки заряженных частиц служат рабочим элементом в электрофизических приборах широкого научного и практического приложений. Математическое моделирование интенсивных пучков приводит к решению самосогласованной нелинейной задачи, включающей в себя расчет электрических и магнитных полей, траекторий заряженных частиц и объемного

заряда. Под протяженной понимается электронно-оптическая система, размер которой в направлении движения пучка намного больше поперечного размера. Применение традиционных вычислительных подходов к моделированию таких систем не давало удовлетворительных результатов. В настоящей работе предлагаются новые алгоритмы и технологии, направленные на повышение точности и снижение времени расчетов. Они основаны на методах декомпозиции расчетной области и состоят в следующем. Во-первых, протяженная расчетная область разбивается на две подобласти: в первой из них формируется интенсивный пучок, а во второй — происходит его доускорение и транспортировка. «Сшивку» решений проводится альтернирующим методом Шварца. Во-вторых, в каждой из данных подобластей строится адаптивная квазиструктурированная локально-модифицированная сетка, состоящая из структурированных подсеток. Предлагаемая квазиструктурированная сетка позволяет значительно снизить трудозатраты при расчете траекторий заряженных частиц. В-третьих, на эмиттере проводится выделение особенностей путем введения приэмиттерной подобласти. В данной подобласти строится приближенное аналитическое решение, которое «сшивается» с численным решением в основной подобласти в итерационном процессе Бройдена. На примере модельной задачи о плоском диоде показана быстрая сходимость метода Бройдена. С помощью предлагаемых алгоритмов и технологий получены результаты моделирования сложной практической системы, которые дают хорошее совпадение с результатами натурных экспериментов.

22.02-01.73 О моделировании источников радиационно-индуцированных эффектов в гетерогенных материалах. *Соболева В.А., Жуковский М.Е. Мат. моделир.* 2022. 34, № 3, с. 117-130. Рус.

Рассматривается подход к расчету исходных данных для компьютерного моделирования радиационно-индуцированных вторичных эффектов в гетерогенной среде. Предложен способ решения проблемы интеграции «по данным» результатов моделирования каскадных процессов переноса излучения и процессов генерации вторичных радиационно-индуцированных эффектов. Способ основан на многомерной аппроксимации результатов статистического моделирования взаимодействия излучения с веществом на разностную сетку, предназначенную для численного решения уравнений электро- и термодинамики. Аппроксимация строится с применением технологии нейронных сетей. Геометрическая модель гетерогенной среды строится на основе алгоритмов Штилингера—Любачевского для многомерных структур. Приведены результаты демонстрационных расчетов.

22.02-01.74 Численное исследование распространения пламени по цилиндрической поверхности полимерного горючего материала. *Карпов И., Шаплеин А.А., Морар Г. Химическая физика и мезоскопия.* 2021. 23, № 3, с. 255-263. Рус.

Проведено численное исследование распространения ламинарного диффузионного пламени по поверхности образцов полиметилметакрилата цилиндрической формы. Результаты расчетов показали, что интенсивность горения при данной конфигурации выше по сравнению с плоскими образцами. Установлено, что при увеличении диаметра цилиндра (уменьшении кривизны поверхности) происходит сближение обеих конфигураций по скорости распространения пламени и длине зоны пиролиза. Получено, что в рассмотренном случае, при диаметре образца 9.6 мм длины зон пиролиза и пламени практически идентичны.

22.02-01.75 Математическое моделирование безударных режимов сверхзвукового обтекания при профилированном нагреве газа. *Арделян Н.В., Чувашев С.Н. Прикладная физика.* 2000, № 1, с. 11-15. Рус.

Показана возможность устранения сильных газодинамических разрывов при сверхзвуковом движении тел. Обнаружены режимы многократного (~40 раз) снижения волнового сопротивления и значительной (2,4 раза) экономии суммарных энергозатрат.

22.02-01.76 Роль ионов кислорода в структуре токового слоя ближнего хвоста магнитосферы Земли.

Мингалева О.В., Сецко П.В., Мельник М.Н., Мингалева И.В., Малова Х.В., Артемьев А.В., Мерзлый А.М., Зеленый Л.М. Физика плазмы. 2022. 48, № 3, с. 237-258. Рус.

С помощью численной модели исследуется возможность формирования тонкого токового слоя ближнего хвоста магнитосферы Земли на предварительной фазе суббури для широкого диапазона параметров образующих слой встречных продольных потоков ионов. Результаты моделирования позволяют сделать вывод, что токовый слой может быть образован потоками ионов кислорода ионосферного происхождения в случаях, когда потоками протонов можно пренебречь, или они достаточно слабые. Такие условия реализуются в магнитосфере Земли в периоды повышенной геомагнитной активности. Кроме того, в работе исследовано влияние анизотропии давления электронов на стационарную конфигурацию рассматриваемого токового слоя.

22.02-01.77 Численное моделирование распространения и наката уединенных волн в мелководной зоне. *Белокозь А.Ю., Михайличенко С.Ю. Мор. гидрофиз. ж.* 2021. 37, № 4, с. 742-753. Рус.

Цель. Исследовать распространение солитонов в мелководном бассейне и оценить проявление нелинейных эффектов при накате волн на пологий берег; сопоставить оценки, полученные при помощи различных численных моделей, с имеющимися аналитическими зависимостями — цель настоящей работы. Методы и результаты. Представлены результаты численного моделирования, проведенного с помощью двух нелинейных моделей длинных волн — авторской модели и модели Simulating WAVes till SHore (SWASH). Получены профили уединенной волны при ее распространении на участке бассейна постоянной глубины, сопряженного с наклонным дном. Процесс наката волн на берег моделировался при помощи алгоритма движения жидкости по сухому берегу. Показано, что при распространении солитона на участке постоянной глубины эффекты нелинейности проявляются в деформации профиля волны, а именно: с ростом начальной амплитуды волны и увеличением расстояния, пройденного волной, увеличивается крутизна переднего склона волны. Это, в свою очередь, приводит к возрастанию заплеска при накате волн на берег. Оценки высот наката, полученные в рамках разных численных моделей, хорошо согласуются. Выводы. Рассчитанные величины максимального наката волн на берег для недеформированных волн, длина которых равна длине пройденного пути, близки к оценкам, полученным аналитически. Для волн с деформированным профилем, крутизна переднего склона которых нарастает при распространении на большие расстояния, высоты заплеска увеличиваются с ростом начальной амплитуды волны, в этом случае аналитические оценки желательно заменять численными. Высота наката деформированных волн может превысить начальную амплитуду волны в четыре раза и более. Полученные в работе результаты могут оказаться полезными при проектировании берегозащитных сооружений с учетом проблем, связанных с сохранением экологии и экономики побережья.

См. также **22.02-01.39**, **22.02-01.40**, **22.02-01.41**

Методы измерений и инструменты

22.02-01.78 Скалярно-векторная и фазовая характеристика акустического поля в произвольной регулярично-неоднородной жидкой среде. *Дзоба В.П., Ромашко Р.В., Кульчин Ю.Н. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2022. 502, № 1, с. 19-23. Рус.

Используя предложенное авторами волновое уравнение для вектора колебательной скорости частиц и известное уравнение для акустического давления в неоднородной неподвижной среде, исследуется влияние параметров среды на векторно-фазовые свойства акустического поля. Впервые найдены аналитические выражения для фаз и модулей векторов комплексной интенсивности и плотности потока акустической энергии (вектора акустической интенсивности), колебательной скорости, давления, плотности энергии, которые связывают их с плотностью среды и скоростью звука. Предлагаемый подход поз-

воляет аналитически проанализировать влияние как неоднородностей плотности среды, так и неоднородности скорости звука в среде с их произвольными зависимостями от координат на параметры акустического поля. Это, в свою очередь, открывает перспективу решения обратной задачи по определению пространственного распределения плотности среды и скорости звука по измеренным значениям акустического давления и вектора колебательной скорости.

22.02-01.79 **Нестационарная контактная задача для абсолютно твердого гладкого штампа и упругой полуплоскости на дорзеевском интервале движения границы области взаимодействия.** Ломунов А.К., Пряжевский Р.Д., Федотенков Г.В. *Проблемы прочности и пластичности.* 2017. 79, № 1, с. 17-27. Рус.

В рамках плоской постановки рассмотрена нестационарная задача о контактном взаимодействии абсолютно твердого штампа, ограниченного гладкой выпуклой кривой, с упругой полуплоскостью. Закон движения штампа предполагается известным. Постановка задачи включает уравнения движения плоской теории упругости в потенциалах упругих смещений, связи потенциалов с перемещениями и напряжениями, начальные условия и граничные условия смешанного типа. Полагается, что контакт происходит в условиях свободного проскальзывания. На основании принципа суперпозиции нормальные перемещения границы полуплоскости представляются сверткой нормальных напряжений с функцией влияния. Функция влияния является решением задачи Лэмба. Метод решения основан на введении аналитических представлений для искомых функций и применении аналитического алгоритма совместного обращения интегральных преобразований Фурье—Лапласа. При этом существенно, чтобы функция, описывающая закон движения штампа, являлась однородной. Для случая движения границ области контакта со скоростями, не превышающими скорость распространения волн Рэлея, получены аналитические соотношения, разрешающие задачу.

22.02-01.80 **Нелинейные колебания пластины, подкрепленной локальным набором ребер, в условиях аддитивного белого шума.** Важенев В.Г., Крылова Е.Ю., Яковлева Т.В. *Проблемы прочности и пластичности.* 2017. 79, № 3, с. 259-266. Рус.

Предложен общий метод исследования математической модели колебаний в виде пространственно-временного хаоса для пластины, подкрепленной ребрами жесткости, роль которых играют три балки, с учетом их контактного взаимодействия и внешнего воздействия — белого шума. Рассмотрен случай симметричного расположения подкрепляющих ребер относительно центра пластины. Выявлено, что форма колебаний существенно изменяется в зависимости от величины интенсивности шумового воздействия. Для решения и анализа этих конструктивно нелинейных задач применяются методы качественной теории дифференциальных уравнений, вейвлет-анализ, методы анализа знака старшего показателя Ляпунова. Система нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений методом Фаэдо—Галеркина в высших приближениях по пространственной координате. Задача Коши по времени решается методом Рунге—Кутты 4-го порядка точности.

22.02-01.81 **О колебаниях пьезокерамического цилиндра с окружной поляризацией.** Ватульян А.О., Кондратьев В.С. *Проблемы прочности и пластичности.* 2018. 80, № 4, с. 427-434. Рус.

Рассмотрена задача о радиальных колебаниях пьезокерамического цилиндра с окружной поляризацией с учетом реологии, причем пьезоэлектрические характеристики цилиндра являются функциями радиальной координаты. Цилиндр рассматривается как кусочно-однородное электроупругое тело, составленное из отдельных призм. В предположении, что секционированный цилиндр является бесконечно длинным и в нем отсутствуют осевые деформации, построены краевые задачи о плоской деформации бесконечно длинных призм. В частном случае, когда все призмы секционированного цилиндра находятся в идентичных условиях электрического нагружения, а внешние механические нагрузки отсутствуют, граничная за-

дача для цилиндра сводится к граничной задаче для отдельной призмы. Реологические свойства моделировались в рамках принципа соответствия путем замены характеристик материала комплексными модулями-функциями частоты колебаний. Выполнено сравнение концепции комплексных модулей с широко распространенной линейной частотной аппроксимацией соответствующих функций. Решение задачи находилось численно на основе метода пристрелки. Представлены результаты вычислительных экспериментов по определению амплитудно-частотных характеристик для некоторых законов неоднородности материала. Выполнена серия вычислительных экспериментов для различных законов неоднородности и для различного набора исходных данных, позволившая проанализировать зависимость резонансных частот от законов изменения физических характеристик и реологии. Реализована схема реконструкции законов неоднородности по информации о значениях безразмерных функций — радиального смещения и радиального напряжения в некотором наборе точек внутри области с использованием сплайн-аппроксимаций. Результаты вычислительных экспериментов показали достаточную эффективность предлагаемой схемы.

22.02-01.82 **О колебаниях неоднородного пьезодиска.** Ватульян А.О., Зубков Ю.Н. *Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 3, с. 369-380. Рус.

В рамках модели связанной электроупругости неоднородных тел рассмотрена задача об установившихся колебаниях тонкого пьезодиска с неоднородными свойствами, в частности, при наличии радиальной поляризации. Произведены необходимые упрощения в рамках традиционных гипотез, сформулированная краевая задача приведена к канонической системе дифференциальных уравнений первого порядка относительно безразмерных компонент радиального смещения и радиального напряжения с соответствующими граничными условиями. Прямая задача о колебаниях неоднородного диска решена численно на основе метода пристрелки путем численного анализа вспомогательных задач Коши. Проведен анализ амплитудно-частотных характеристик и резонансных частот в зависимости от различных законов изменения неоднородных свойств пьезодиска, которые в представленной модели характеризуются двумя функциями, одна из которых характеризует изменение упругого модуля, вторая — изменение пьезомодуля. Сформулирована обратная задача в первой постановке, в которой восстановлены законы изменения неоднородности пьезодиска (две функции) по значениям функций, характеризующих радиальное смещение и напряжение, известных в конечном наборе точек. Представлены результаты вычислительных экспериментов по решению обратной задачи в первой постановке, обсуждены различные аспекты реконструкции. Сформулирована вторая постановка обратной задачи по определению пьезоэлектрической характеристики диска, где известными считаются функция, описывающая законы изменения упругой характеристики диска, и амплитудно-частотная характеристика. Для решения обратной задачи в этой постановке сформулировано интегральное уравнение Фредгольма 1-го рода с гладким ядром. Представлены результаты численных экспериментов по решению интегрального уравнения Фредгольма 1-го рода с помощью регуляризирующего метода Тихонова, обсуждены различные аспекты реконструкции.

22.02-01.83 **Разработка акустического метода и исследование возможности определения напряженного состояния изделий и дефектов.** Померанцев Д.Ю., Ермаков А.А., Климов Н.Н. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 4, с. 412-419. Рус.

Предлагается использовать продукт "Прочность разработанный группой сотрудников Томского политехнического института, для диагностики напряженного состояния несвязанного пути. Это устройство позволяет определить спектр колебаний несвязанного пути, который образуется продольными, поперечными и изгибными волнами рельсов, в целях выявления их напряженного состояния. В свободном состоянии для бесстыкового пути оцениваются формулами для различных типов волн и их значения. При измерении величины скорости, а также анализе, какое значение имеет частота волн на несвязанном трак-

те, следует констатировать, что регистрируются скорости от 719 м/с до 3300 м/с и частоты в диапазоне от 300 до 5500 Гц. Это указывает на возбуждение поперечных и изгибных волн в рельсовом хлысте при боковом ударе. Использование данного устройства возможно после проведения более детального исследования свободного от стыка напряженного состояния в условиях его сжатия, растяжения и нулевых напряжений набора спектральных идентификаторов, которые будут варьироваться в зависимости от фактических напряжений. Предполагается, что данный выброс размером полуволны выброса около 40 м и возникающей изгибающей волной с длительностью выброса около 0,2 секунды дает частоту 5 Гц, при этом длина волны будет составлять 80 м а величина скорости — 400 м/с. Сравнительный анализ скорости в данной частоте с использованием формулы, которая предназначена для изгибных волн (4), приводит к значению около 100 м/с. Это существенное различие указывает на то, что в целях теоретического исследования процесса выброса в реальных условиях требуется ряд дополнительных исследований, определяющих совокупность механических свойств, которые имеет балластная призма, взаимодействия шпальной решетки с балластом и рельсами.

22.02-01.84 Динамика спектральных линий акустической эмиссии при термоупругих мартенситных превращениях в никелиде титана. *Грязнов А.С., Плотноков В.А., Гусева А.В. Фундаментальные проблемы современного материаловедения.* 2021. 18, № 4, с. 408-413. Рус.

Проанализирован частотный спектр акустической эмиссии при термоупругих мартенситных превращениях в никелиде титана. Дискретный характер спектра сигналов акустической эмиссии свидетельствует о резонансных свойствах кристаллической среды, в которой распространяются пакеты акустических волн, а резонансные свойства определяют совокупностью естественных резонаторов системы образец—волновод—датчик. То есть низкочастотный спектр акустической эмиссии является вторичным эффектом, результатом преобразования первичных сигналов акустической эмиссии на естественных резонаторах. Установлено, что в окрестности температуры начала превращения $B2 \rightarrow B19'$ наблюдается резкое смещение частот спектральных линий в низкочастотную область спектра, продолжающееся до температуры окончания превращения. Такое поведение спектра акустической эмиссии, очевидно, связано с эффектом «смягчения» упругих модулей при приближении температуры к температурному интервалу термоупругих мартенситных превращений. Следствием снижения величины упругих модулей является снижение скоростей распространения акустических волн в сплавах и снижение резонансных частот естественных резонаторов. Набор спектральных линий свидетельствует о преобразовании первичных сигналов акустической эмиссии на естественных резонаторах.

См. также **22.02-01.59**, **22.02-01.61**

Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

22.02-01.85 Затухающие вращательные колебания длинного цилиндра с диском в воздушном потоке. *Кауфман Д.В., Рябинин А.Н. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.* СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 210-211. Рус.

22.02-01.86 Колебания стержня с переменным сечением. *Карачева Н.В., Филиппов С.В. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.* СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 319-320. Рус.

22.02-01.87 Колебания пластины с периодически изменяющимися параметрами. *Наумова Н.В., Иванов Д.Н., Дорофеев Н.П. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.* СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 328-330. Рус.

22.02-01.88 К теории колебаний неавтономных ви-

рационных систем с трением наследственного типа. *Зайцев М.В., Метрихин В.С. Проблемы прочности и пластичности.* 2015. 77, № 4, с. 403-411. Рус.

С использованием метода точечных отображений и разработанного программного продукта на платформе Java изучается динамика вибрационной системы, представляющей собой прикрепленное с помощью пружины к неподвижной преграде тело, на которое воздействует внешняя периодическая сила. Тело располагается на шероховатой ленте, движущейся по периодическому закону. Динамическая модель такой системы — это система с переменной структурой. При составлении математической модели используется гипотеза А.Ю. Ишлинского и И.В. Крагельского о том, что коэффициент трения относительного покоя не является постоянной величиной, а представляет собой монотонно возрастающую функцию времени относительного покоя тела. Бифуркационный подход изучения динамики позволил выявить основные перестройки периодических и стохастических режимов движения в зависимости от параметров системы (амплитуда и частота периодического воздействия на тело и ленту, формы функциональной зависимости, описывающей изменение величины коэффициента трения относительного покоя, и другие параметры). Приводятся результаты численных экспериментов, демонстрирующих существование в рассматриваемой динамической модели сложных периодических режимов движения (циклы n -кратных неподвижных точек точечного отображения), а также существование хаотических движений (процесс удвоения периода).

22.02-01.89 Оптимальное гашение поперечных колебаний консольной балки. *Петраков Е.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 1, с. 94-102. Рус.

Решается многокритериальная задача гашения поперечных колебаний консольной балки, лежащей на вязкоупругом основании, активными и пассивными методами. Полагаем, что справедлива гипотеза Бернулли—Эйлера и имеет место линейная вязкость. Возмущение, действующее на балку, принадлежит классу функций L_2 . Форма балки описывается функциями Крылова. Для приведения к главным координатам используется метод нормальных форм. Построены модели активной виброизоляции, приложенной вдоль всей длины вертикального основания консольной балки и приложенной к вертикальному основанию в одной точке. Задача гашения поперечных колебаний сводится к задаче теории управления по состоянию с двумя выходами. Вводятся два критерия: уровень управляющей силы и величина максимального прогиба балки. В качестве меры оценки функционалов при синтезе оптимальных регуляторов используется обобщенная H_2 -норма. Поиск оптимальной обратной связи основывается на применении теории линейных матричных неравенств и эффективных алгоритмов их решения, реализованных в пакете MATLAB. Синтез оптимальных по Парето управлений осуществлен на основе свертки Гермейера. Приведены оптимальные значения функционала при равномерно распределенной и сосредоточенной виброизоляции относительно двух критериев для активных и пассивных методов гашения. Приводится сравнение виброизоляций при различных способах гашения.

22.02-01.90 О поперечных колебаниях продольно движущихся панелей, описываемых гипергеометрическим уравнением. *Баничук Н.В., Иванова С.Ю., Афанасьев В.С. Проблемы прочности и пластичности.* 2020. 82, № 1, с. 16-23. Рус.

Рассматривается продольное движение материала (неразрезного упругого полотна) между парами закрепленных валков (роликов), прижимающими полотно и вращающимися синхронно. Предполагается, что соседние пары валков расположены на разных уровнях по высоте относительно друг друга, что реализуется, например, в сушильной части бумагоделательной машины в соответствии с технологическими условиями производства. Движущееся полотно моделируется при помощи мембранной неразрезной панели, которая поддерживается системой закрепленных шарнирных опор, реализующих граничные условия простого опирания в концевых точках пролетов панели. Рассмотрение ограничивается одним пролетом. В процессе прямолинейного движения мембранная панель совершает упругие поперечные колебания, которые описываются в системе коор-

динат Эйлера. При этом возникающие малые упругие поперечные перемещения панели определяют локальные, кориолисовы и центробежные ускорения. С учетом взаимного расположения шарнирных опор осевое движение мембранной панели является ускоренным и происходит под действием заданного продольного натяжения и аксиальной составляющей гравитационного воздействия. Решение определяющего уравнения динамики панели представляется в форме временных гармоник, и дальнейшее рассмотрение проводится для амплитудной функции возникающих поперечных колебаний. С помощью ряда последовательных преобразований и введения новых вспомогательных переменных определяющее дифференциальное динамическое уравнение для амплитудной функции (поперечных отклонений мембранной панели) приводится к форме гипергеометрического уравнения Гаусса, решение которого получается аналитически в виде гипергеометрических рядов. Полученный результат представляет теоретический интерес и может быть полезным для проведения практических оценок процесса движения материалов.

22.02-01.91 Напряженное состояние цилиндрических оболочек под действием произвольных нагрузок с учетом пьезоэффекта. *Фирсанов В.В., Нгуен Л.Х. Проблемы прочности и пластичности.* 2020. 82, № 4, с. 483-492. Рус.

На основе уточненной теории представлены результаты исследования напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек с учетом пьезоэлектрического эффекта. Искомые перемещения и электрические потенциалы оболочки аппроксимируются полиномами по нормальной координате на две степени выше по отношению к классической теории типа Кирхгофа—Лява. При построении теории в качестве уравнений электроупругостного состояния оболочки применяются уравнения теории упругости и законы электростатики. С помощью вариационного принципа Лагранжа получена система дифференциальных уравнений равновесия в перемещениях и потенциалах с соответствующими граничными условиями. Тригонометрические ряды Фурье по окружной координате использованы для приведения дифференциальных уравнений в частных производных к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Сформулированная краевая задача электроупругостного состояния оболочки решается операторным методом, основанном на преобразовании Лапласа. Поперечные нормальные и касательные напряжения оболочки определяются прямым интегрированием уравнений равновесия трехмерной теории упругости. В качестве примера рассматриваются расчеты напряженного состояния цилиндрической пьезооболочки с жестко закрепленными краями. Анализируются два случая: оболочка находится под действием механических нагрузок и электрических потенциалов. Проведено сравнение результатов, полученных по предлагаемой теории, с данными, соответствующими классической теории. Установлено, что вблизи жестко закрепленного края имеет место дополнительное напряженное состояние типа «погранслоя», величины которого соизмеримы с напряжениями, определяемыми по классической теории. Это позволило подтвердить практическую ценность разработанной математической модели и существенный вклад в общее напряженно-деформированное состояние при анализе прочности и долговечности цилиндрических оболочек, моделирующих элементы конструкций машиностроения с учетом пьезоэлектрического эффекта.

22.02-01.92 Аналитические и численные исследования свободных колебаний цилиндрических оболочек в акустической среде. *Дяченко И.А., Миронов А.А. Проблемы прочности и пластичности.* 2021. 83, № 1, с. 35-48. Рус.

Исследование связано с проблемой обеспечения вибропрочности трубопроводов, подвергающихся воздействию динамических нагрузок, для которых повышенная вибрация является основной причиной развития повреждений. Решение этой проблемы включает в себя исследования параметров свободных колебаний конструкции. Решается задача определения собственных частот и форм колебаний участка круговой цилиндрической оболочки, заполненной средой, рассматриваемой в акустическом приближении. Результаты исследований параметров свободных колебаний получены как аналитическим методом

по теории оболочек на основе гипотез Кирхгофа—Лява, так и с применением конечно-элементного комплекса инженерного анализа ANSYS. Показано, что влияние плотности среды на параметры свободных колебаний оболочки зависит от отношения толщины оболочки к ее радиусу, оно оказывается существенным только для формы колебаний, связанной с деформацией изгиба, и малозначимым для форм, связанных с деформациями срединного слоя. Сравнительный анализ результатов расчетов, полученных для моделей сжимаемой и несжимаемой среды, показывает, что при решении задачи определения параметров свободных колебаний оболочки сжимаемостью среды можно пренебречь. В то же время для решения практических задач, требующих учета полного спектра собственных частот системы оболочка-среда, должна использоваться модель сжимаемой среды, в рамках которой получены результаты о влиянии жесткости оболочки на спектр частот объема среды. При решении практических задач о вибрации трубопроводных систем использование метода конечных элементов в связанной постановке является эффективным инструментом, позволяющим рассмотреть все физические процессы с учетом их взаимного влияния друг на друга.

22.02-01.93 Оптимальное подавление поперечных колебаний вращающихся упругих стержней. *Афанасьев В.С., Банничук Н.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2021. 83, № 1, с. 49-60. Рус.

Изучается процесс гашения поперечных колебаний вращающегося в горизонтальной плоскости упругого стержня, закрепленного на одном из его концов. Предполагается, что стержень вращается вокруг вертикальной оси с постоянной угловой скоростью и совершает поперечные колебания в вертикальной плоскости, колебания предполагаются малыми по амплитуде. Поперечные колебания вращающегося стержня совершаются под внешним механическим воздействием. С применением классической балочной модели поперечные колебания описываются функцией смещений и рассматриваются во вращающейся плоскости. Выведены необходимые условия оптимальности, применяемые для подавления упругих колебаний на конечном интервале времени. Задача оптимального подавления поперечных колебаний, вызванных начальными возмущениями, сформулирована в виде вариационной задачи с ограничениями, которые учитывают подавляющее воздействие на стержень. Ограничивающие условия представлены в виде неравенств. С введением дополнительной переменной эти ограничения сводятся к стандартному интегральному равенству, при этом учитываются энергетические ограничения, налагаемые на управляющие воздействия. Предложенный итерационный алгоритм решения сформулированной задачи является численно-аналитическим алгоритмом и заключается в минимизации квадратичного критерия качества. Этот критерий характеризует процесс гашения колебаний и позволяет реализовать улучшающие вариации. В результате проводимых операций выяснена зависимость процесса гашения колебаний от определяющих параметров, таких как угловая скорость вращения, изопараметрическая энергетическая константа и протяженность рассматриваемого процесса подавления колебаний во времени. Приведен пример, иллюстрирующий реализацию предложенного алгоритма и показывающий эффективность указанного метода подавления поперечных колебаний.

22.02-01.94 Исследование вибраций концевых фрез при обработке титанового сплава ВТ9. *Сазонов М.Б., Жидяев А.Н. Вестник Самарского ун-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение.* 2021. 20, № 4, с. 89-99. Рус.

Рассматривается принцип работы виброизмерительного устройства, позволяющего проводить измерения вибрации при фрезеровании концевым инструментом. Основными измерительными элементами устройства являются два токовых датчика, позволяющих измерять виброперемещения фрезы в двух направлениях — перпендикулярном и параллельном движению продольной подачи. В устройстве имеется компенсационный датчик, который учитывает влияние отсутствующих факторов, и датчик для фиксации мгновенной частоты вращения шпинделя станка. В качестве упругого элемента колебательной системы использовалась сама фреза, закреплённая

в цанговом патроне. Приведены данные измерения амплитуды колебаний при фрезеровании четырёхзубой и шестизубой концевой фрезой титанового сплава ВТ9. Исследование вибраций концевых фрез включало два этапа. На первом этапе было исследовано влияние на частоту и амплитуду параметров и режимов фрезерования, а также схем фрезерования (встречного и попутного). На втором этапе обрабатывались мероприятия по снижению интенсивности вибраций и повышению надёжности и долговечности фрез. Результаты исследований показали более низкие значения амплитуды при работе шестизубой фрезой.

22.02-01.95 Задача о нормальных колебаниях системы тел, частично заполненных идеальными жидкостями, под действием упругодемпфирующего устройства. A problem of normal oscillations of a system of bodies partially filled with ideal fluids under the action of an elastic damping device. *Zakora D.A., Forduk K.V. Сибирские электронные математические известия.* 2021. 18, № 2, с. 997-1014. Англ.

We investigate a problem of normal oscillations of a system of bodies partially filled with ideal fluids under the action of an elastic damping device. We prove that the problem has a discrete spectrum localized in a vertical strip. The asymptotic behavior of the spectrum is investigated. The theorem on the Abel-Lidsky basis property of root elements of the problem is proved.

22.02-01.96 Применение поправочных коэффициентов в методе Рэлея при расчете основной частоты колебаний цилиндрической оболочки с прямоугольным сечением. *Дзевисавили Г.Т. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия.* 2021. 8, № 4, с. 646-652. Рус.

Рассматривается применение поправочных коэффициентов в методе Рэлея при расчете основной частоты колебаний цилиндрической оболочки с прямоугольным сечением. Систематизированы закономерности поведения поправочных коэффициентов. Проанализирована связь между видом поправочных коэффициентов и свойствами получаемой приближенной формулы.

22.02-01.97 Колебания пластины с периодически изменяющимися параметрами. *Наумова Н.В., Иванов Д.Н., Дорофеев Н.П. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия.* 2021. 8, № 4, с. 661-669. Рус.

Рассмотрена прямоугольная пластина с периодически изменяющимися параметрами. Получено осредненное дифференциальное уравнение колебаний пластины. Вычислены значения частот. Разработанные алгоритмы и программы, основанные на использовании аналитических формул, позволяют рассчитывать различные виды неоднородных пластин. Анализ всех экспериментов по исследованию колебаний пластин с переменными параметрами показывает достоверность полученных формул. В работе проведено сравнение аналитических и численных результатов при использовании программного комплекса ANSYS методом конечных элементов и пакета Wolfram Mathematica.

22.02-01.98 Экспериментальный метод исследования взаимодействия звуковых волн с тонкостенной преградой. *Паймушин В.Н., Газизуллин Р.К., Фирсов В.А. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2021, № 3, с. 31-37. Рус.

Обсуждаются средства борьбы с шумом и конструкции с использованием звукоизолирующих тонкостенных преград. Рассматриваются особенности прохождения звуковой волны через преграды, методы теоретических исследований звукоизолирующих свойств преград и способы их описания. Представлены результаты экспериментальных исследований изгибных колебаний тонкостенной преграды, и предложены инструментальные средства борьбы с резонансами.

22.02-01.99 Испытания кориолисовых вибрационных гироскопов. *Калижанов А.В., Лизошерст В.В., Тимошенко А.С., Тимошенко С.П. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 10, с. 255-262. Рус.

Дано определение волновых твердотельных гироскопов (ВТГ)

принадлежащих к классу кориолисовых вибрационных гироскопов (КВГ) с вибрирующими оболочками. Изложены сведения о конструктивных особенностях кориолисовых вибрационных гироскопов. Приведены результаты испытаний отечественных КВГ изготовленных по технологии микроэлектроники, а также КВГ с цилиндрическим металлическим резонатором, изготовленным на программируемом станочном оборудовании и их анализ.

22.02-01.100 Мощность вибромашины при вынужденных колебаниях силового возбудителя. *Сластичин Н.С. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 10, с. 603-607. Рус.

Рассматривается влияние параметров колебательной системы на мощность вибрационной машины с силовым возбуждением колебаний. Приводится расчетная схема и математическое описание движения машины. Получены выражения мгновенной, активной и реактивной мощности. С использованием относительных величин и обобщенных параметров системы определены выражения амплитудночастотных характеристик, коэффициентов усиления по мощности в частотной области. Приведены зависимости коэффициентов усиления по активной и реактивной мощности для различных коэффициентов демпфирования вибрационной машины и технологической нагрузки.

22.02-01.101 Собственные колебания микрополярных упругих гибких пластин и пологих оболочек. *Саркисян А.А., Саркисян С.О. Акустический журнал.* 2022, № 2, с. 139-151. Рус.

Построена математическая модель динамики геометрически нелинейных (гибких) микрополярных упругих тонких пластин в декартовых и криволинейных координатах (подход обобщается также для построения модели микрополярных гибких пологих оболочек). При построении модели считается, что упругие прогибы пластинки сравнимы с их толщиной и, вместе с тем, малы по отношению к характерным размерам в плане. На основе построенной модели микрополярных упругих гибких пластин решены задачи свободных колебаний для прямоугольных и круглых пластин, а также решена задача свободных колебаний пологих оболочек. Обсуждаются эффективные стороны проявления характерных черт микрополярного материала по сравнению с соответствующим классическим материалом.

22.02-01.102 Виброзащита бортовой электронной аппаратуры от внешних воздействий. *Резчикова Е.В., Лыонг К.Л. Контроль. Диагностика.* 2021. 24, № 11, с. 22-30. Рус.

Аннотация. Рассмотрены проблемы защиты бортовой электронной аппаратуры (БЭА) от вибрационных воздействий. Для обеспечения защиты БЭА необходимо знать характеристики и условия внешних воздействий и в соответствии с этим выбирать способ снижения их влияния на работоспособность БЭА. Представлены наиболее распространенные способы снижения влияния механических внешних воздействий, а также приведены аналитические расчеты печатной платы и соотнесение их с результатами математического моделирования. Разработанная методика моделирования вибрационных воздействий на печатный узел позволяет эффективнее оценить физические характеристики изделия, тем самым избежать ошибок и неточностей при конструировании.

См. также **22.02-01.36, 22.02-01.37, 22.02-01.57, 22.02-01.62, 22.02-01.66, 22.02-01.67, 22.02-01.73, 22.02-01.80, 22.02-01.81**

Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

22.02-01.103 Колебания неоднородного пьезокерамического цилиндра при наличии затухания. *Ватульян А.О., Кондратьев В.С. Проблемы прочности и пластичности.* 2016. 78, № 4, с. 406-414. Рус.

Представлены результаты исследования колебаний пьезокерамического цилиндра с радиальной поляризацией при наличии затухания. Рассмотрены неоднородные законы изменения физических характеристик (упругие модули и электрические

характеристики), которые являются функциями радиальной координаты. Учет затухания осуществляется путем введения в определяющие соотношения линейной электроупругости соответствующих комплексных модулей. Полученная каноническая система решена методом пристрелки. Определены амплитудно-частотные характеристики при наличии и отсутствии затухания, проведен их сравнительный анализ. Построены графики амплитудно-частотных характеристик для некоторых законов изменения физических характеристик материала. Проведены численные расчеты для некоторых законов неоднородности. Решена обратная задача по восстановлению некоторых функций, характеризующих переменные комплексные модули. Осуществлена реконструкция законов неоднородности на основе решения простейшей модельной задачи, в которой известны значения безразмерных функций радиального смещения и радиального напряжения в наборе точек внутри области.

22.02-01.104 Хаотические колебания геометрически нелинейных наноразмерных пологих осесимметричных оболочек. *Крысько(мл) В.А., Кириченко А.В., Папкова И.В., Кутепов И.Е. Проблемы прочности и пластичности.* 2018. 80, № 4, с. 446-455. Рус.

применением принципа Гамильтона—Остроградского построена математическая модель колебаний геометрически нелинейных наноразмерных пологих осесимметричных сферических оболочек. В основу модели положены следующие соотношения и допущения: тело оболочки упругое, однородное и изотропное, применима гипотеза Кирхгофа—Лява, используется модифицированная моментная теория упругости для объяснения зависимости упругого поведения оболочки от размерного (зависимого) параметра; пологость оболочки определяется на основе гипотез В.З. Власова, геометрическая нелинейность — по Т. Карману. Предложен подход для определения «истинного» решения. Уравнение в частных производных сводится к задаче Коши методом конечных разностей второго порядка точности, которая решается несколькими методами типа Рунге—Кутты: метод Рунге—Кутты 4-го и 2-го порядков, метод Рунге—Кутты—Фелберга 4-го порядка, метод Кеш—Карпа 4-го порядка, Рунге—Кутты—Принса—Дорманда 8-го порядка, неавный метод Рунге—Кутты 2-го и 4-го порядков. Создан алгоритм и комплекс программ для получения численных результатов. Исследуется сходимость этих методов по пространственной и временной координате. В основу исследования положена качественная теория нелинейной динамики: анализируются

сигналы, фазовые портреты 2D и 3D, спектры мощности Фурье, вейвлеты Морле, эпюры прогибов, сечения Пуанкаре и автокорреляционные функции, исследование знака ляпуновского показателя проводится с помощью методов Вольфа, Канца, Розенштейна. Приводится пример расчета для пластинок и пологих оболочек. Анализ полученных результатов показал, что с увеличением размерно-зависимого параметра характер колебаний переходит из хаотического в гармонический и величина динамической критической нагрузки увеличивается.

22.02-01.105 Моделирование изгибного поведения пространственно-армированных пластин из нелинейно-упругих материалов. *Янковский А.П. Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 1, с. 77-93. Рус.

Построена математическая модель изгибного поведения пространственно-армированных пластин при нелинейно-упругом деформировании материалов компонентов композиции. Решение сформулированной начально-краевой задачи строится по явной численной схеме типа «крест». Возможное ослабленное сопротивление армированных пластин поперечному сдвигу учитывается на основе кинематических гипотез теории Редди. Геометрическая нелинейность задачи рассматривается в приближении Кармана. Показано, что не при всех произвольных структурах пространственного армирования пластин в рамках теории Редди удается построить явную численную схему. Исследовано динамическое нелинейно-упругое поведение плоско-перекрестно и пространственно-армированных прямоугольных пластин под действием воздушной взрывной волны. Показано, что при сильно выраженной анизотропии композиции для относительно толстых пластин замена плоско-перекрестной структуры армирования на пространственную структуру позволяет уменьшить податливость конструкции в поперечном направлении на десятки процентов (до 30% и более), а интенсивность деформаций в связующем материале — в разы. Уменьшение относительной толщины пластины и степени анизотропии ее композиции приводит к уменьшению эффекта от замены плоско-перекрестной структуры армирования на пространственную структуру. В ряде случаев этот эффект может вообще не проявляться даже в относительно толстых композитных конструкциях более сложной геометрической формы, например в кольцевых пластинах с жесткой внутренней шайбой.

См. также **22.02-01.36, 22.02-01.37, 22.02-01.40, 22.02-01.69, 22.02-01.82, 22.02-01.96, 22.02-01.97**

Нелинейная акустика

Теория нелинейных акустических волн

22.02-01.106 Представление Лакса с операторами первого порядка для новых нелинейных уравнений типа Кортевега—де Вриза. *Журавлев В.М., Морозов В.М. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физ.-мат. н.* 2021, № 4, с. 178-191. Рус.

Актуальность и цели. Строится новое представление для уравнений типа Кортевега—де Вриза (КдВ). Предлагаемый подход позволяет получить универсальное представление Лакса для набора нелинейных уравнений в частных производных, для которых такое представление ранее не было известно. Материалы и методы. Построение представления Лакса для новых уравнений строится на основе редукции общего условия совместности двух нелинейных уравнений первого порядка с полиномиальной зависимостью от неизвестной функции. Результаты. Получена новая общая схема вычисления представлений Лакса в форме двух линейных операторов первого порядка со спектральным параметром для множества интегрируемых с помощью метода обратной задачи уравнений в размерности 1+1. Вычислены бесконечные серии дифференциальных законов сохранения для этих уравнений и указан специальный тип преобразований Бэклунда для них. Выводы. Для целого класса уравнений типа КдВ существует общая форма представлений

Лакса, позволяющая применять к ним метод обратной задачи.

Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

22.02-01.107 Ударные волны. *Копиченко А.В., Жабин Д.С., Курицын К.А., Михайлова Д.В. Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г.* Ставрополь: АГРУС. 2019, с. 91-94. Рус.

22.02-01.108 Нелокальный закон сохранения в свободной затопленной незакрученной струе. *Гайфуллин А.М., Жвик В.В. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.* СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 197-199. Рус.

22.02-01.109 Анализ эмпирических соотношений, описывающих параметры ударной волны в ближней зоне источника импульсного энерговыделения. *Капралова А.С., Чернышов М.В., Шалимов В.П. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.* СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 208-210. Рус.

22.02-01.110 Тестирование трёх методов подавления ударно-волновой неустойчивости на задаче гиперзвукового обтекания цилиндра. Шижкина И.А., Колесник Е.В. IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 240-242. Рус.

22.02-01.111 Исследование структуры ударной волны на основе континуального подхода и методом прямого статистического моделирования. Алексеев И.В., Тань Л., Кустова Е.В. IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 244-245. Рус.

22.02-01.112 Численное моделирование взаимодействия ударных волн с проницаемыми деформируемыми многослойными пакетами плетеных сеток. Глазова Е.Г., Кочетков А.В., Крылов С.В., Турыгина И.А. Проблемы прочности и пластичности. 2016. 78, № 1, с. 81-91. Рус.

Методами численного моделирования исследуются процессы взаимодействия ударных волн с проницаемыми однослойными и многослойными преградами. Рассматриваемые преграды представляют собой слой металлических плетеных сеток. Многослойные преграды состоят как из консолидированных плотно примыкающих слоев, так и из разнесенных на некоторое расстояние. Анализируются параметры проходящих и отраженных ударных волн в зависимости от интенсивности набегающей волны, количества слоев в пакете, расстояния между слоями пакета. Приводятся результаты расчетов параметров ударных волн при взрыве цилиндрического заряда конечной длины и волнового воздействия на проницаемый деформируемый цилиндрический пакет плетеных сеток. Численные результаты по параметрам проходящих через пакет сеток волн и остаточная форма упругопластически деформируемого пакета сеток сравниваются с известными экспериментальными данными.

22.02-01.113 Динамика гибких балок при действии ударных нагрузок с учетом белого шума. Синичкина А.О., Крылова Е.Ю., Мицкевич С.А., Крысько В.А. Проблемы прочности и пластичности. 2016. 78, № 3, с. 280-288. Рус.

Рассматривается хаотическая динамика гибких изотропных балок Эйлера—Бернулли при действии бесконечной во времени ударной нагрузки с учетом белого шума. Построена математическая модель, разработан алгоритм расчета и создан программный комплекс. Рассмотрена консервативная система. Уравнение в частных производных сводится к задаче Коши. Исследованы три типа краевых условий. Установлено, что при действии на балку только белого шума разной интенсивности колебания хаотические. Если амплитуда ударной нагрузки численно равна или меньше интенсивности белого шума, то колебания хаотические, а если амплитуда ударной бесконечной во времени нагрузки больше или равна интенсивности белого шума, то поперечная нагрузка является доминирующей и возможны классические случаи перехода колебаний в состояние хаоса по сценарию Рюэля—Таккенса.

22.02-01.114 Использование теневого фонового метода для регистрации ударной волны от взрыва заряда взрывчатого вещества цилиндрической формы. Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Трепалов Н.А., Яненко Б.А., Герасимова Р.В. Проблемы прочности и пластичности. 2018. 80, № 1, с. 109-117. Рус.

Показана возможность применения теневого фонового метода для регистрации ударной волны несферической формы. В отличие от измерений с помощью датчиков давления, теневой фоновый метод позволяет получить двумерную картину распространения ударной волны. Для применения метода требуется простейший фон с яркостными различиями (трава, песок, лес), одна кинокамера и компьютер. Источником ударной волны являлся заряд взрывчатого вещества цилиндрической формы. Для визуализации ударной волны регистрируется освещенность, создаваемая взрывом заряда. Получена серия последовательных кадров процесса взрыва. На основе их анализа по-

строены зависимости избыточного давления на фронте ударной волны от времени. Визуализация показывает неравномерное распространение ударной волны. Неравномерность избыточного давления на фронте волны уменьшается по мере ее распространения. Продемонстрирована возможность определения центра взрыва в плоскости регистрации по результатам визуализации ударной волны. Предполагается, что наличие многокурсовой видеорегистрации позволит получить трехмерную картину распространения ударной волны и определить координаты центра взрыва в пространстве.

22.02-01.115 Баллистика осколков кубической формы. Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Каньгин И.И., Кукеев В.А., Фомкин А.П., Яненко Б.А., Герасимова Р.В. Проблемы прочности и пластичности. 2018. 80, № 3, с. 368-379. Рус.

Представлены результаты расчетного исследования сверхзвукового обтекания потоком воздуха фрагментов кубической формы. Фрагменты были различным образом ориентированы относительно направления набегающего потока. Рассматривались кубики с длиной ребра 8 мм. Скорость набегающего потока воздуха изменялась в пределах значений числа Маха от 2 до 10. Расчет процесса обтекания проводился с использованием инженерной программы SolidWorks путем численного решения полных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса. Для учета турбулентности использовалась k - ϵ модель. Для воздуха применялось уравнение состояния совершенного газа. Начальные значения плотности, температуры и давления соответствовали нормальным условиям. Расчет разбивался на несколько этапов, в конце каждого из которых проводился анализ полученного решения и основанное на этом анализе измельчение счетной сетки в зонах высокоградиентного распределения параметров потока. Полное число счетных ячеек в конкретном расчете, как правило, не превышало $2,5 \cdot 10^6$. Точность полученных результатов оценивалась по характеру сходимости решения на каждом из рассматриваемых этапов расчета. Для уменьшения расчетных областей использовались условия симметрии. В процессе расчета определялись такие аэродинамические характеристики моделей, как коэффициенты сопротивления, строились картины полей обтекания. Значение коэффициента сопротивления в зависимости от скорости играет важную роль в баллистике осколков. Для сравнения представлены результаты экспериментального исследования сверхзвукового обтекания потоком воздуха осколков кубической формы, различным образом ориентированных относительно направления набегающего потока, представлены результаты визуализации процесса сверхзвукового обтекания фрагментов кубической формы с использованием метода теневого фотографирования. Показан характер уноса за счет аэротермомеханического разрушения осколка при гиперзвуковых скоростях с помощью импульсной рентгенографии. Эксперименты проводились в аэробаллистическом тире с использованием ствольных металлических установок. Помимо постов теневого фотографирования применялись посты импульсного рентгенографирования. На представленной рентгенограмме показан характерный унос материала при сверхзвуковом обтекании испытываемого образца из стали.

22.02-01.116 Лазерная ударная волна: пластичность, толщина слоя остаточных деформаций и переход из упругопластического в упругий режим распространения. Иногамов Н.А., Перов Е.А., Жазовский В.В., Шепелев В.В., Петров Ю.В., Фортнова С.В. Письма в ЖЭТФ. 2022. 115, № 2, с. 80-88. Рус.

Мощное лазерное воздействие вызывает необратимые изменения в кристаллической структуре мишени. Эти изменения лежат в основе технологий лазерного пиннинга (laser shock peening, LSP). В работе исследуются процессы, определяющие толщину слоя остаточных деформаций и связанных с ними остаточных напряжений. Известно, что прекращение пиннингования связано с затуханием лазерной ударной волны. В работе получены новые сведения относительно того, каким образом протекает трансформация волны из упругопластического в упругий режим распространения в случае наносекундного воздействия. Упругая волна бесполезна для пиннинга. Оказывается, во время трансформации исчезает классическая конфигурация с пласти-

чекским скачком и упругим предвестником перед ним. При этом передний край расширяющегося пластического слоя постепенно снижает свою скорость ниже объемной скорости звука, размывается внутри волны разрежения и останавливается.

22.02-01.117 Действие удара на волокно и композиционный материал на его основе. Кудинов В.В., Крылов И.К., Корнеева Н.В. *Физика и химия обработки материалов*. 2020, № 6, с. 69-74. Рус.

Методом “Разрыв Ударом” (РУ) исследованы свойства и механизмы разрушения сверхвысокомолекулярного полиэтиленового (СВМПЭ) волокна и композиционного материала (КМ) на его основе с жесткой и пластичной матрицей при низкоскоростном ударе. Экспериментально обнаружено значительное отличие в деформационном поведении и механизмах разрушения при ударе СВМПЭ-волокна Dyneema®SK-75 и КМ на основе этого волокна. Установлено, что удар мало влияет на свойства изотропного СВМПЭ-волокна, при этом свойства волокна без матрицы при ударном нагружении в несколько раз превосходят свойства КМ на основе этого волокна. При ударе происходит взаимодействие между компонентами КМ, и такой КМ является анизотропным материалом, в котором с первого момента ударного нагружения и до разрушения КМ реализуется ступенчатый механизм деформации — так называемая “ступенчатая лестница деформации”. Ступенчатая деформация является основным механизмом деформации и разрушения анизотропных композиционных материалов при ударе.

См. также 22.02-01.64, 22.02-01.70

Нелинейная акустика твердых тел

22.02-01.118 Нелинейные стационарные изгибные волны в стержне из упрочняющегося материала. Дорохин А.М., Ерофеев В.И., Кажасев В.В. *Проблемы прочности и пластичности*. 2016. 78, № 3, с. 271-279. Рус.

Рассматриваются нелинейные изгибные волны в бесконечном прямолинейном стержне, материал которого подчиняется закону упрочнения Холломона—Людвика. Изгиб стержня рассматривался в рамках модели Бернулли—Эйлера. Уравнения динамики стержня получены с помощью принципа Гамильтона—Остроградского на основе выражений для потенциальной и кинетической энергий элементарного отрезка. Проведен поиск решений уравнения динамики в виде бегущих стационарных волн, что позволяет свести уравнение в частных производных к обыкновенному дифференциальному уравнению. Исследования фазовых портретов последнего производилось с помощью программы MAPLE. Установлена возможность возникновения в стержне нелинейных бегущих стационарных волн, распространяющихся с постоянной скоростью и не изменяющих свою форму. Определен характер зависимостей длины стационарной волны от ее амплитуды, показателя и модуля упрочнения.

22.02-01.119 Нелинейные продольные волны в стержне, материал которого обладает отрицательным коэффициентом Пуассона. Ерофеев В.И., Кажасев В.В., Семерикова Н.П. *Проблемы прочности и пластичности*. 2017. 79, № 4, с. 398-412. Рус.

Рассматривается стержень, изготовленный из материала, обладающего отрицательным коэффициентом Пуассона (ауксетический материал). Такие материалы были впервые синтезированы в конце 20-го века и с тех пор активно изучаются. В линейной и нелинейной постановках рассмотрена задача о распространении продольной стержневой волны. Показано, что если для обычных материалов скорость продольных волн в стержне больше скорости сдвиговых волн и дисперсия является нормальной, то есть значение фазовой скорости волны превосходит значение ее групповой скорости, то в стержнях из ауксетических материалов наблюдается качественно иное (аномальное) поведение линейных волн: значение групповой скорости в широком частотном диапазоне превосходит значение фазовой скорости. Учет геометрической и физической упругой нелинейности, в свою очередь, приводит к возможности формирования в стержне стационарных волн деформации существенно несинусоидального профиля — солитонов и их периодических аналогов. Определены зависимости, связывающие скорости, вол-

новые числа и амплитуды нелинейных волн.

22.02-01.120 Определение некоторых параметров защитного вязкоупругого покрытия с помощью сдвиговых нормальных волн. Ерофеев В.И., Клоева Н.В., Солдатов И.Н. *Проблемы прочности и пластичности*. 2018. 80, № 3, с. 303-315. Рус.

Исследуется деформируемое твердое тело, состоящее из произвольного числа слоев разной толщины, плотности и упругих модулей сдвига. Верхний слой, моделирующий защитное покрытие, нанесенное на многослойный элемент конструкции, последовательно наделяется свойствами упругого материала и вязкоупругого материала. Во втором случае для описания поглощения акустической энергии в верхнем слое применяется модель Фойгта, в которой напряжения линейно зависят от деформаций и скоростей деформаций. Изучаются особенности распространения горизонтально-поляризованной сдвиговой упругой волны (SH-волны). При отражении такой волны от свободной плоскости не возбуждаются дилатационные волновые движения. Получены формулы для коэффициента ее затухания и изменения фазовой скорости, обусловленных вязкоупругим покрытием. Показано, что эти формулы позволяют определить модуль сдвига, коэффициент сдвиговой вязкости и толщину покрытия с помощью измерений фазовой скорости и коэффициента затухания двух мод SH-волны. Подробно рассмотрен двухслойный волновод для случая, когда основной (нижний) упругий слой является более «скоростным» (то есть имеет больший модуль сдвига), более плотным по сравнению с верхним слоем и имеет несколько большую толщину. Такой случай типичен не только для техники, где часто используются относительно мягкие защитные покрытия (полимерные, лакокрасочные, битумные), но и для геофизики. Показано, что на низких частотах отличия от волновода, целиком состоящего из одного упругого высокоскоростного слоя, невелики. На низкой частоте низшие моды почти «не чувствуют» наличия тонкого низкоскоростного слоя. С ростом частоты отличия становятся все более заметными. Моды становятся все более похожими на волны Лява, их скорости при стремлении частоты к бесконечности стремятся к скорости сдвиговой волны в низкоскоростном слое. При этом скорость сдвиговой волны в высокоскоростном слое оказывается промежуточной асимптотикой. Важным изменением является также то, что увеличивается число распространяющихся мод и увеличение тем больше, чем толще защитный слой.

22.02-01.121 Квазигармоническая изгибная волна, распространяющаяся в балке Тимошенко, лежащей на нелинейноупругом основании. Ерофеев В.И., Леонтьева А.В. *Проблемы прочности и пластичности*. 2021. 83, № 1, с. 61-75. Рус.

Рассматривается модуляционная неустойчивость квазигармонической изгибной волны, распространяющейся в однородной балке, закрепленной на нелинейноупругом основании. Динамическое поведение балки определяется теорией Тимошенко. Модель Тимошенко, уточняющая техническую теорию изгиба стержней, предполагает, что поперечные сечения остаются плоскими, но не перпендикулярными деформируемой срединной линии стержня; нормальные напряжения на площадках, параллельных оси, равны нулю; учитываются инерционные составляющие, связанные с поворотом поперечных сечений. Уникальность модели заключается в том, что, позволяя хорошо описывать многие процессы, происходящие в реальных конструкциях, она остается достаточно простой, доступной для аналитических исследований. Система уравнений, описывающая изгибные колебания балки, сводится к одному нелинейному уравнению четвертого порядка относительно поперечных смещений частиц балки. Методом многих масштабов получено нелинейное уравнение Шредингера — одно из основных уравнений нелинейной волновой динамики. Согласно критерию Лайтхилла определены области модуляционной неустойчивости. Показано, как границы этих областей смещаются при изменении параметров, характеризующих упругие свойства материала балки и нелинейность основания. Рассмотрены нелинейные стационарные волны огибающих. Получено и проанализировано качественно уравнение, обобщающее уравнение Дуффинга, которое содержит два дополнительных слагаемых в отрицательной степени (первой и третьей). Найдены решения урав-

нения Шредингера в виде солитонов огибающих и проанализированы зависимости их основных параметров (амплитуда, ширина) от параметров системы. В пределах области модуляционной неустойчивости показано динамическое поведение точек пересечения амплитуд и ширины «светлых» солитонов в случае мягкой нелинейности основания.

22.02-01.122 Солитоноподобные волны при периодическом гармоническом возмущении в интерметаллическом соединении состава A_3B . Захаров П.В., Старостенков М.Д., Янковская У.И., Дмитриев С.В., Корзникова Е.А. *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. 2021. 18, № 4, с. 414-421. Рус.

посредством метода молекулярной динамики анализируется поведение приповерхностных слоев в интерметаллиде стехиометрического состава A_3B (на примере Pt_3Al) при гармоническом внешнем воздействии. Особое внимание уделяется изучению воздействия высокой амплитуды, которые приводят к достаточно быстрому разрушению кристаллической структуры при экстремальных воздействиях. Для описания межатомного взаимодействия используется потенциал, полученный методом погруженного атома. Выявлен механизм, при котором происходит разрушение слоев вблизи поверхности кристалла и показана роль в этом процессе нелинейных локализованных мод. В работе показано, что при продолжительном воздействии флуктуации происходят не только для атомов Al, но и для атомов Pt. Это определяет быстроту разрушения кристаллической решетки вблизи зоны воздействия. Рассмотрена возможность образования уединенных волн в широком диапазоне частот и амплитуд гармонических воздействий. Зависимости, приведенные в работе, позволяют сделать вывод о том, что высокоамплитудные возбуждения могут вносить существенный вклад в процесс накопления энергии вблизи поверхности кристалла. В то же время дальнейшая передача энергии в объемную часть кристалла может осуществляться с помощью нелинейных упругих волн солитонного типа без разрушения материала.

22.02-01.123 Влияние кристаллографической ориентации кремния на образование "первичных" трещин. Веттегрень В.И., Кадомцев А.Г., Щербаков И.П., Мамалимов Р.И., Оганесян Г.А. *Физика твердого тела*. 2022. 64, № 5, с. 560-563. Рус.

При разрушении поверхности кремния образуются кластеры из самых мелких — "первичных" трещин. Их образование приводит к появлению сигналов "фрактолюминесценции" (FL). Сигналы и спектры FL содержали максимумы, число которых равно числу "первичных" трещин в кластере. Анализ сигналов и спектров FL показал, что при разрушении поверхностей (100) и (110) появлялись кластеры из четырех, а поверхности (111) — из трех "первичных" трещин. По скорости и времени роста оценены их размеры. Оказалось, что они кратны постоянной кристаллической решетки a : $\sim 3a$, $4a$ и $6a$. В момент образования "первичные" трещины находятся в неравновесном состоянии и с течением времени трансформируются в дефекты, которые имеют вид "впадин" и "вершинок". Их размеры от 2 до 4 раз меньше размеров "первичных" трещин. Ключевые слова: кремний, разрушение, "первичные" трещины, фрактолюминесценция, интерференционная профилометрия.

См. также **22.02-01.62**, **22.02-01.69**, **22.02-01.105**, **22.02-01.116**

Влияние нелинейности на скорость и поглощение

См. **22.02-01.105**

Параметрические антенны, рассеяние звука на звуке

22.02-01.124 Численная модель спектрального описания генерации ультразвуковой волны разностной частоты при двухчастотном взаимодействии. Тюрина А.В., Юлдашев П.В., Есипов И.Б., Хожлова В.А. *Акустический журнал*. 2022, № 2, с. 152-161. Рус.

Рассматривается спектральный алгоритм описания нелинейной генерации акустической волны разностной частоты, формируемой при взаимодействии двух близких интенсивных высокочастотных волн накачки. При таком двухчастотном взаимодействии, в условиях образования ударных фронтов в профиле волны, для корректного описания ее полного спектра необходимо использовать в численном алгоритме порядка нескольких тысяч спектральных компонент. В работе предложен метод, позволяющий существенно уменьшить это число при сохранении точности расчета поля волны разностной частоты. Метод состоит в ограничении высокочастотной части спектра и прореживании комбинационных частот, расположенных между кратными исходным волнам накачки компонентами спектра. В приближении распространения плоских одномерных волн рассмотрены примеры взаимодействия близких частот, характерных для работы подводной параметрической антенны. Показано, что метод позволяет более чем в 100 раз сократить количество спектральных компонент, включенных в алгоритм описания нелинейного оператора, и тем самым уменьшить число операций на четыре порядка, что делает реализуемыми алгоритмы описания параметрических взаимодействий, в том числе и в акустических пучках.

Акустические течения и радиационное давление

См. **22.02-01.108**

Нелинейные диспергирующие волны, солитоны

22.02-01.125 Лазерные солитоны: топологические и квантовые эффекты. Веретеннов Н.А., Розанов Н.Н., Федоров С.В. *УФН*. 2022. 192, № 2, с. 121-142. Рус.

Представлен обзор свойств диссипативных солитонов с различной размерностью и различными топологическими характеристиками в лазерах и лазерных системах с насыщающимся поглощением. В отличие от консервативных солитонов, лазерные солитоны являются аттракторами, повышенная устойчивость которых вызвана балансом притока и оттока энергии. Топология лазерных солитонов определяется их сложной внутренней структурой, задаваемой полем потоков энергии излучения, причём энергетические характеристики служат важным дополнением топологических характеристик. Уравнение их динамики — обобщённое уравнение Гинзбурга—Ландау — отражает базовые черты открытых нелинейных систем различной природы. Топологические особенности солитонов расширяют круг проявлений их квантовых флуктуаций.

См. также **22.02-01.106**

Методы измерений и инструменты нелинейной акустики

22.02-01.126 Определение нелинейных сдвиговых характеристик песчаного грунта на основе модели грунтовой среды Григоряна. Дьянов Д.Ю., Котов В.Л. *Проблемы прочности и пластичности*. 2020. 82, № 4, с. 471-482. Рус.

Проведена верификация нелинейных функциональных зависимостей модели мягкой грунтовой среды Григоряна, характеризующих сопротивление грунта сдвиговому деформированию, — зависимостей предела текучести от давления и модуля сдвига от плотности. Проведена модификация уравнений модели грунтовой среды Григоряна для учета переменности модуля сдвига. Приведен пример численной реализации полученных уравнений в переменных Лагранжа на основе технологии интеграции пользовательского материала в модуль динамической прочности пакета программ ЛОГОС. Получено аналитическое решение, представляющее на плоскости главных напряжений путь нагружения в элементе грунтовой среды при нагружении и разгрузке в условиях одноосной деформации. Принималась линейная зависимость предела текучести от давления и линейная зависимость модуля сдвига от плотности. Предпола-

галось, что кривые объемной сжимаемости при нагружении и разгрузке известны. Проведены расчеты и показано хорошее соответствие результатов численных расчетов и аналитического решения. Проведены расчеты, показывающие влияние параметров зависимости предела текучести от давления и модуля сдвига от плотности на кривую нагружения на плоскости главных напряжений. Определены параметры нелинейных функциональных зависимостей модели грунтовой среды Григоряна на примере известных экспериментальных данных о деформировании образца сухого песчаного грунта в ограничивающей обойме с применением системы разрезных стержней Гопкинсона и методики Кольского. Принималась дробно-рациональная зависимость предела текучести от давления и билинейная зависимость модуля сдвига от плотности. Продемонстрировано, что применение линейных зависимостей позволяет получить соответствие результатов расчетов с экспериментальными данными только в частных случаях при соответствующем подборе параметров. Использование нелинейной зависимости предела текучести от давления с единым набором параметров обеспечивает хорошее согласование с результатами экспериментов различных авторов для напряжений до 125 МПа.

Нелинейная акустика многофазных, пористых, резиноподобных сред, полимеров

22.02-01.127 Почему статистическая механика “работает” в конденсированных средах? *Бражкин В.В.* УФН. 2021. 191, № 10, с. 1107-1116. Рус.

Рассматриваются причины возможности использования канонического распределения Гиббса в конденсированных средах. В то время как основы статистической механики газов весьма подробно освещены во многих учебниках и обзорах, основания использования распределения Гиббса в кристаллах, стёклах и жидкостях рассматриваются достаточно редко. В большинстве учебников по-прежнему говорится лишь о качественной смене механического описания статистическим при рассмотрении очень большого числа частиц. В то же время оказывается, что к гармоническому кристаллу из большого числа частиц распределение Гиббса формально неприменимо. Вместе с тем система даже из небольшого числа связанных ангармонических осцилляторов может демонстрировать все основные черты термодинамически равновесных кристаллов и жидкостей. Именно нелинейность (ангармонизм) колебаний приводит к перемешиванию фазовых траекторий и эргодичности конденсированных сред. При переходе системы к термодинамически равновесному состоянию существуют три характерных временных масштаба: время термализации системы (фактически время установления локального распределения Гиббса в импульсном пространстве и установления локальной температуры); время установления однородной температуры в системе после контакта с термостатом и, наконец, время установления эргодичности в системе (фактически время диффузионного “заметания” всего фазового пространства, в том числе его координатной части). Обсуждаются вопросы генезиса образования дефектов и диффузии в кристаллах и стёклах, а также эргодичности твёрдых тел.

См. также **22.02-01.120**

Физическая акустика

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

22.02-01.128 Взаимодействие звука с локализованным вихревым течением. *Гаджиев Д.А., Гайфуллин А.М.* IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 195-197. Рус.

22.02-01.129 О форме свободной границы течения идеальной несжимаемой жидкости с точечным стоком в вершине треугольного выступа на дне. *Титова А.А.* Сибирские электронные математические известия. 2021. 18, № 1, с. 207-236. Рус.

A two-dimensional stationary problem of a potential free-surface flow of an ideal incompressible fluid caused by a singular sink is considered. The sink is located at the top of a triangular ledge at the bottom. The problem is to determine the shape of the free boundary and the velocity field of the fluid. By employing a conformal map and the Levi-Civita technique, the problem is rewritten as an operator equation in a Hilbert space. It is proved that, for the Froude number greater than some particular value, there is a solution of the problem. It is established that the free boundary has a cusp at the point over the sink. It is shown that the inclination angle of the free surface is less than $\pi/2$ everywhere except at the cusp point, where it is equal to $\pi/2$.

Акустическая кавитация, сонолюминесценция

22.02-01.130 Расчет зависимости звукокапиллярного эффекта от частоты ультразвука на основе критерия пороговой кавитации. *Михайлова Н.В., Смирнов И.В., Шарипова А., Слесаренко В.* Проблемы прочности и пластичности. 2020. 82, № 1, с. 64-74. Рус.

Рассматривается возможность расчета параметров ультразвукового капиллярного эффекта в зависимости от частоты акустических колебаний в жидкости, в которую помещен капилляр. Согласно экспериментальным данным, интенсификация движения жидкости в капилляре преимущественно связана с

образованием и схлопыванием кавитационных полостей у среза капилляра. Поэтому предполагается, что рассматриваемый эффект происходит в результате кавитационных процессов у входа в канал капилляра, при этом кавитационные процессы зависят от частоты ультразвуковых колебаний. Пороговое давление при кавитации, приводящей к подъему жидкости, для заданной частоты ультразвука определяется по критерию инкубационного времени кавитации. Область и количество пузырьков кавитации при рассматриваемом пороговом давлении зависят от частоты ультразвука. Для оценки количества пузырьков в области кавитации используется решение задачи об упаковке равных кругов в больший круг с учетом дистанции влияния пузырьков друг на друга. Высота подъема жидкости рассчитывается исходя из предположения, что за один цикл колебания кавитирующей области звукокапиллярное давление совершит работу по подъему столбика жидкости на определенную высоту за счет энергии схлопнувшихся пузырьков. Используемый подход дает возможность определить пороговую амплитуду акустических колебаний и оценить соответствующее поведение звукокапиллярного давления в диапазоне частот колебаний 7—62 кГц. Указанный диапазон определяется частотными требованиями для соотношения размера области кавитационного процесса и диаметра капилляра. Таким образом, построенная модель ультразвукового капиллярного эффекта учитывает диаметр капилляра и позволяет определить диапазон частот, в котором этот эффект реализуется. Результаты моделирования показали хорошее соответствие с известными экспериментальными данными в воде. Из результатов расчетов по разработанной модели следует, что наибольшее звукокапиллярное давление достигается в диапазоне 10—20 кГц.

Ультразвуковая релаксация в газах, жидкостях и твердых телах

См. **22.02-01.130**

Плазменная акустика

22.02-01.131 Предварительное исследование модели твердотельного импульсного плазменного двигателя с графитом в качестве топлива. *Досболаев М.К., Игиба-*

ев Ж.Б., Тажен А.Б., Рамазанов Т.С. *Физика плазмы*. 2022. 48, № 3, с. 259-267. Рус.

Было проведено предвзятное испытание модели твердотельного импульсного плазменного двигателя (ИПД) с графитом в качестве твердого топлива предназначенного для корректировки и поддержания орбиты малых космических аппаратов. С помощью эмиссионного спектра плазмы, пояса Роговского и баллистического маятника экспериментально были исследованы структурные, электрические и тяговые характеристики твердотельного ИПД. Кроме того, с помощью высокоскоростной CMOS Phantom VEO710S камеры была исследована динамика образования импульсной плазмы.

22.02-01.132 Нелинейная теория аperiодических неустойчивостей плазменного кристалла. *Игнатов А.М. Физика плазмы*. 2022. 48, № 3, с. 268-275. Рус.

Теоретически исследуется нелинейная стадия аperiодических неустойчивостей однослойного плазменного кристалла с треугольной решеткой. В зависимости от параметров окружающей плазмы теряют устойчивость либо поперечные, либо продольные волны. Показано, что в случае поперечных волн влияние нелинейности приводит к ускорению развития неустойчивости, и кристалл распадается на отдельные слои. В случае продольных волн неустойчивость насыщается на слабонелинейной стадии, и происходит структурный переход в фазу с двумя частицами в элементарной ячейке.

Акустика вязкоупругих материалов

22.02-01.133 Гранично-элементный анализ распространения волн в поровязкоупругом слоистом полупространстве и полупространстве с полостью. *Ипатов А.А. Проблемы прочности и пластичности*. 2020. 82, № 3, с. 364-376. Рус.

Исследуется распространение волн в поровязкоупругом материале. В качестве математической модели полностью насыщенной пороупругой среды рассматривается модель Био с четырьмя базовыми функциями — поровым давлением и перемещениями скелета. Модель Био дополняется принципом соответствия упругой и вязкоупругой реакций в отношении скелета пористого материала, что позволяет моделировать пористую полностью насыщенную среду с вязкоупругим скелетом, так называемую поровязкоупругую среду. Для описания вязкоупругих свойств скелета применяется модель стандартного вязкоупругого тела. Исходная начально-краевая задача сводится к краевой задаче посредством формального применения преобразования Лапласа. Решение строится в пространстве преобразований Лапласа. Задачи решаются методом граничных интегральных уравнений. Для решения граничных интегральных уравнений применяется метод граничных элементов. Для гранично-элементной дискретизации использованы четырехугольные восьмиузловые биквадратичные элементы. Аппроксимация обобщенных граничных функций построена по согласованной модели. Численное интегрирование производится по квадратурным формулам Гаусса с применением алгоритмов понижения порядка и устранения особенностей. Для получения решения в явном времени применяется численное обращение преобразования Лапласа на основе алгоритма Дурбина с переменным шагом по частоте. Представленное исследование является развитием существующей гранично-элементной методики для решения задач о слоистых поровязкоупругих полупространствах, позволяющее учитывать неоднородность грунтов по глубине. Рассмотрена задача о действии вертикальной силы в виде функции Хэвисайда на поверхность слоистого поровязкоупругого полупространства и полупространства с полостью. Рассматриваются варианты однородного и неоднородного полупространства (под моделью неоднородности понимается кусочно-однородное тело). Получены результаты гранично-элементного моделирования продольных и поверхностных волн. Приведены отклики граничных перемещений на дневной поверхности полупространства. Продемонстрировано влияние параметра модели вязкоупругого материала на динамические отклики перемещений. Установлено, что параметры вязкости оказывают существенное влияние на характер распределения параметров волновых процессов.

22.02-01.134 Экспериментально-теоретический метод нахождения упругих модулей резиноподобных материалов на базе акустической системы Verasonics. *Демин И.Ю., Лисин А.А., Спивак А.Е., Гурбатов С.Н., Прончатов-Рубцов Н.В. Проблемы прочности и пластичности*. 2020. 82, № 4, с. 458-470. Рус.

Представлен экспериментально-теоретический метод определения упругих характеристик резиноподобных материалов. Метод основан на технологии SWEI — Shear Wave Elasticity Imaging — с применением акустической системы Verasonics с открытой архитектурой, в которой реализован способ генерации и измерения скорости сдвиговых волн в резиноподобных средах. Технология SWEI позволяет проводить измерения скорости сдвиговой волны и, соответственно, упругих характеристик (модули Юнга и сдвига) в мягких биологических тканях и находит применение в медицинской диагностике (эластография сдвиговой волной). Представлены результаты по измерению упругих характеристик резиноподобных сред. Для физического моделирования в качестве сред измерения были использованы полимерные фантомы CIRS (Model 049 Elasticity QA Phantom Spherical). Приведено сравнение измеренных на акустической системе Verasonics значений модулей Юнга различных типов полимерного калиброванного фантома с табличными значениями. Проведено численное моделирование эволюции сдвиговых волн в резиноподобных средах. Численный анализ выполнен с привлечением пакета программирования k-Wave. Пакет программирования основан на переходе в k-пространство, где пространственные градиенты вычисляются с использованием схемы быстрого преобразования Фурье, а временные градиенты вычисляются с использованием скорректированной k-пространственной разностной схемы. Пакет программирования k-Wave сочетает в себе оптимизацию программирования матричных операций пакетом MATLAB и набор инструментов, который позволяет моделировать идеальную среду (без диссипации) распространения волн с помощью таких параметров, как плотность и скорость звука для заданного резиноподобного материала. Сочетание этих факторов позволяет моделировать 2D- и 3D-пространства, сохраняя высокую скорость вычислений. Для полимерных фантомов CIRS полученные значения упругих характеристик резиноподобных сред хорошо согласуются по результатам физического и численного моделирования.

22.02-01.135 Исследование объемной вязкости наносупервизий методом акустической спектроскопии. *Мишаков А.В., Пряжников М.И., Дамдинов В.Б., Немцев И.В. Акустический журнал*. 2022. № 2, с. 182-189. Рус.

При помощи акустического спектрометра получены данные об объемной вязкости водных супервизий наночастиц SiO₂ и Al₂O₃. Рассмотрен широкий диапазон массовых концентраций наночастиц (от 1 до 50 мас. %) и средних размеров наночастиц (от 18 до 108 нм). В диапазоне от 10 до 100 МГц измерены коэффициенты затухания и скорости звука в наносупервизиях. Получены зависимости коэффициентов динамической и объемной вязкости наносупервизий от концентрации и размера наночастиц различных материалов.

Поверхностные волны в твердых телах и жидкостях

22.02-01.136 Распространение волны Рэлея вдоль границы полупространства, описываемая упрощенной моделью Коссера. *Антонов А.М., Ерофеев В.И. Проблемы прочности и пластичности*. 2019. 81, № 3, с. 333-344. Рус.

Рассматривается упрощенная (редуцированная) динамическая модель среды Коссера, занимающая промежуточное положение между классической динамической теорией упругости и собственно моделью среды Коссера, обладающей несимметричностью тензора напряжений и наличием моментных напряжений. В отличие от последней, в упрощенной модели три из шести констант упругости равны нулю и, как следствие, отсутствует тензор моментных напряжений. В двумерной постановке для модели редуцированной среды решена задача о распространении упругой поверхностной волны вдоль границы полупространства. Решение уравнений находилось в виде суммы скалярного и векторного потенциалов, причем у векторного потен-

циала отлична от нуля только одна компонента. Показано, что такая волна, в отличие от классической поверхностной волны Рэлея, обладает дисперсией. В плоскости «фазовая скорость-частота» для таких волн имеются две дисперсионные ветки: нижняя (акустическая) и верхняя (оптическая). С увеличением частоты фазовая скорость волны, относящейся к нижней дисперсионной ветке, убывает. Фазовая скорость волны, относящейся к верхней дисперсионной ветке, возрастает с увеличением частоты. Фазовая скорость поверхностной волны во всем частотном диапазоне превосходит фазовую скорость объемной сдвиговой волны. Рассчитаны напряжения и перемещения, возникающие в зоне распространения поверхностной волны.

22.02-01.137 Неоднородное сдвиговое течение Куэтта—Пуазейля при движении нижней границы горизонтального слоя. *Горулева Л.С., Просвириков Е.Ю.* *Химическая физика и мезоскопия.* 2021. 23, № 4, с. 403-411. Рус.

В статье получено точное решение уравнений Навье—Стокса и уравнения несжимаемости. Это решение описывает установившееся изобарическое и градиентное неоднородное сдвиговое течение вязкой несжимаемой жидкости. Движение жидкости при постоянном давлении индуцируется движением нижней границы бесконечного горизонтального слоя жидкости. Неоднородное течение жидкости типа Пуазейля рассматривается при совместном задании постоянного горизонтального градиента давления и скоростей. Сдвиговое изотермическое течение вязкой несжимаемой жидкости описывается переопределенной системой уравнений в частных производных. Точное интегрирование уравнений Навье—Стокса осуществляется в классе Линя—Сидорова—Аристов. Поле скоростей и поле давления являются линейными формами относительно двух координат (горизонтальных или продольных координат). Коэффициенты линейных формы зависят от третьей (вертикальной или поперечной) координаты. Благодаря структуре точного решения, уравнение несжимаемости автоматически удовлетворяется. Таким образом, роль "лишнего" уравнения играет уравнение несжимаемости. Проведен анализ полученного полиномиального точного решения уравнений Навье—Стокса для несжимаемой жидкости. Неоднородное течение типа Куэтта характеризуется полиномом четвертой степени. Для описания модифицированного течения Пуазейля используется полином пятой степени. Исследование локализации корней полинома показало существование немонотонного профиля удельной кинетической энергии с двумя нулевыми значениями. Иными словами, в жидкости регистрируются противотечения.

Акустоэлектроника

22.02-01.138 Излучение звука цилиндрическим пьезокерамическим преобразователем с радиальной поляризацией и жестким экраном (Випромінювання звуку циліндричним п'єзокерамічним перетворювачем з радіальною поляризацією і жорстким екраном). *Shyshkova K.A., Leiko O.H.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2019. 24, № 4, с. 68-73. Рус.

Розглянута акустична антена, відбивач якої виконаний у вигляді акустично жорсткого екрану, а джерелом звуку є циліндричний п'єзокерамічний перетворювач з радіальною поляризацією. Висота випромінювача вважається нескінченно великою, тому розподіл швидкостей рівномірний. Внутрішній об'єм перетворювача заповнений вакуумом або газом. Задача випромінювання звуку такою антеною вирішена з використанням методів зв'язаних полів і часткових областей. Всі фізичні поля антени представлені у вигляді розкладання в ряди Фур'є, коефіцієнти яких визначаються в результаті розв'язку диференціальних рівнянь, що описують електропружні коливання п'єзокерамічного перетворювача і хвильові процеси в акустичних середовищах, що контактують з ним. Розв'язок задачі випромінювання звуку зведено до розв'язку методом редукції нескінченної системи лінійних алгебраїчних рівнянь.

22.02-01.139 Обеспечение теплового режима работы стержневых конструкций пьезокерамических

электроакустических преобразователей (Забезпечення теплового режиму роботи стержневих конструкцій п'єзокерамічних електроакустичних перетворювачів). *Perchevska L.V., Drozdenko O.I., Drozdenko K.S., Leiko O.H.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2019. 24, № 5, с. 56-63. Рус.

Розглянуто два методи аналізу теплових полів для конструкцій п'єзокерамічних електроакустичних перетворювачів — аналітичний розрахунок та моделювання. Проаналізовано причини виникнення нагріву, а також негативні наслідки, до яких призводить нагрів перетворювачів. Обґрунтовано необхідність аналізу теплових полів саме для п'єзокерамічних електроакустичних перетворювачів стержневої конструкції. Проведено порівняння аналітичного методу знаходження теплового поля, заснованого на розв'язанні диференціального рівняння теплопровідності Фур'є, і комп'ютерного моделювання, виконаного за допомогою методу скінченних елементів в системі автоматизованого проектування SolidWorks. Проведено чисельні розрахунки теплових полів розглянутими методами для типової конструкції стержневого перетворювача. Показано процес розігріву електроакустичного перетворювача. Встановлено, що моделювання дозволяє врахувати конструкційні особливості перетворювачів і дозволяє швидше змінювати параметри елементів для пошуку найбільш раціонального конструкторського рішення. Отримані результати можуть бути використані при конструюванні стержневих п'єзокерамічних електроакустичних перетворювачів.

Акустические явления в метаматериалах

22.02-01.140 Ячеичные модели вязкоупругой среды с твердыми сферическими включениями. *Казakov Л.И.* *Акустический журнал.* 2022, № 2, с. 173-181. Рус.

Приведен расчет акустических характеристик композитной среды в виде резины с твердыми включениями, предложенной ранее в качестве звукопоглощающего материала с независимыми от гидростатического давления свойствами. Расчет основан на применении к такой композитной среде ячеичных моделей монодисперсных суспензий с граничными условиями на поверхности ячейки в виде тонкой жесткой оболочки или условия Хаппеля. Переход к вязкоупругой среде выполнен заменой вязкости суспензии на величину, пропорциональную комплексному модулю сдвига резины. Учтены только сдвиговые потери в резине. Расчет справедлив в широком диапазоне частот для произвольных объемных концентраций включений. Выполнено сравнение расчетных и имеющихся в литературе экспериментальных данных. Рассмотрены варианты слоистых звукопоглотителей, состоящих из набора покрытых резиной твердых шариков разных размеров, помещенных в маловязкую сжимаемую полиметилсилоксановую жидкость.

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

22.02-01.141 О моделях наноразмерных пьезоэлектрических материалов со связанными поверхностными эффектами. *Наседкин А.В., Еремеев В.А.* *Проблемы прочности и пластичности.* 2017. 79, № 4, с. 375-384. Рус.

Рассматриваются динамические задачи для пьезоэлектрических наноразмерных тел с учетом поверхностных эффектов и затухания. Для этих задач предложена новая математическая модель, обобщающая модель упругой среды с демпфированием по Рэлею и модель Гуртина—Мурдоха учета поверхностных эффектов. Новая постановка задачи учитывает электромеханическую связанность механизмов затухания и поверхностных эффектов как в объеме тела, так и на поверхности. Обсуждаются особенности использования метода конечных элементов для численного решения рассматриваемых задач. Показано, что для статических и нестационарных задач уравнения, полученные методом конечных элементов, можно привести к формам, содержащим только симметричные квазиопределен-

ные матрицы. Отмечается, что для нестационарных задач и для задач об установившихся колебаниях возможно применение метода суперпозиции, приводящего к независимым уравнениям для амплитуд колебаний отдельных мод. Численные примеры демонстрируют влияние поверхностных модулей на локальные и на интегральные характеристики колебательных процессов наноразмерных пьезоэлектрических тел.

22.02-01.142 Приближенное аналитическое решение задачи о полосовом электроде на поверхности пьезоэлектростроупругой полуплоскости с функционально-градиентным пьезоэлектростроупругим покрытием. Айзикович С.М., Кудичи И.И. Проблемы прочности и пластичности. 2019. 81, № 4, с. 393-401. Рус.

Рассматривается плоская задача о полосовом электроде на поверхности функционально-градиентного пьезоэлектрического покрытия однородной полуплоскости. Покрытие и подложка трансверсально-изотропны, ось изотропии совпадает с осью поляризации и нормальна к поверхности покрытия. Предполагается, что электроупругие свойства покрытия изменяются с глубиной по произвольным, независимым друг от друга законам. На поверхности покрытия находится полосовой электрод и задана разность потенциалов, которая приводит к электроупругой плоской деформации покрытия и подложки. С использованием интегрального преобразования Фурье задача сводится к решению парного интегрального уравнения. Для решения уравнения применен двусторонний асимптотический метод, основанный на аппроксимации Паде трансформанты ядра интегрального уравнения. Полученное приближенное парное интегральное уравнение решается в замкнутом аналитическом виде. Построены приближенные аналитические выражения для электрической индукции, вертикальных и горизонтальных смещений поверхности покрытия и распределения электрического потенциала на поверхности покрытия. Эти выражения являются асимптотически точными для больших и малых значений относительной толщины покрытия (отношение толщины покрытия к полуширине электрода).

22.02-01.143 Моделирование характеристик электродных систем акустооптических дефлекторов. Аршакян А.А., Макарецкий Е.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 5, с. 340-346. Рус.

Рассмотрены методы снижения трудоёмкости изготовления акустооптических дефлекторов оптоэлектронных спектроанализаторов. Предложена методика электродинамического моделирования электродных систем дефлекторов, позволяющая произвести анализ характеристик согласования и настройку на уровне модели электродной структуры.

22.02-01.144 Электромеханическая чувствительность круглых и кольцевых пьезоэлектрических тонких пластин при механическом возмущении (Электромеханична чутливість круглих та кільцевих п'єзоелектричних тонких пластин при механічному збуренні). Bezverhyi O.I., Grigoryeva L.O. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2017. 22, № 5, с. 40-46. Рус.

Досліджується реакція п'єзокерамічних осьових датчиків з чутливим елементом в формі круглих та кільцевих пластин на імпульсне механічне навантаження. Визначається електрорушійна сила п'єзокерамічних поляризованих по товщині пластин при механічному навантаженні, прикладеному паралельно до напрямку поляризації. Розглядаються планарні нестационарні осесиметричні коливання пластини, що виникають при цьому. Проаналізовано зміну динамічних характеристик електромеханічного стану п'єзокерамічної пластини, встановлено залежність характеру нестационарних коливань від навантаження та відношення радіусів пластини при імпульсному навантаженні. Аналізується зміна ЕРС датчика в процесі реакції на нестационарне збурення.

22.02-01.145 Физические поля цилиндрических гидроакустических антенн с экраном и пьезокерамическими цилиндрическими излучателями с радиальной поляризацией (Фізичні поля циліндричних

гідроакустичних антен з екраном і циліндричними п'єзокерамічними випромінювачами з радіальною поляризацією). Starovoit Y.I., Kurdiuk S.V., Leiko O.H. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 1, с. 30-36. Рус.

В статті вирішена «наскрізна» задача випромінювання звуку циліндричною гідроакустичною антеною, утвореною із певної кількості циліндричних п'єзокерамічних випромінювачів з радіальною поляризацією і циліндричного акустичного екрана, розміщеного всередині антени, за умови збудження випромінювачів заданою вхідною електричною напругою. Випромінювачі у складі антени можуть бути як силової, так і компенсованої конструкції. Отримане рішення може бути використане для визначення чисельних характеристик електричних, механічних або акустичних полів таких типів антен в цілому або окремих випромінювачів у їх складі.

22.02-01.146 Физические поля цилиндрических гидроакустических антенн с экраном и пьезокерамическими цилиндрическими излучателями с радиальной поляризацией (Фізичні поля циліндричних гідроакустичних антен з екраном і циліндричними п'єзокерамічними випромінювачами з радіальною поляризацією). Starovoit Y.I., Kurdiuk S.V., Leiko O.H. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 1, с. 30-36. Рус.

В статті вирішена «наскрізна» задача випромінювання звуку циліндричною гідроакустичною антеною, утвореною із певної кількості циліндричних п'єзокерамічних випромінювачів з радіальною поляризацією і циліндричного акустичного екрана, розміщеного всередині антени, за умови збудження випромінювачів заданою вхідною електричною напругою. Випромінювачі у складі антени можуть бути як силової, так і компенсованої конструкції. Отримане рішення може бути використане для визначення чисельних характеристик електричних, механічних або акустичних полів таких типів антен в цілому або окремих випромінювачів у їх складі.

22.02-01.147 Излучение максимальной акустической мощности системами гидроакустических цилиндрических пьезокерамических преобразователей с окружной поляризацией (Випромінювання максимальної акустичної потужності системами гідроакустичних циліндричних п'єзокерамічних перетворювачів з окружною поляризацією). Drozdenko O.I., Leiko O.H. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 2, с. 58-65. Рус.

Для довільних систем гідроакустичних випромінювачів проаналізовані ті фізичні фактори, які обмежують можливості випромінювання максимальної акустичної потужності такими системами. До них віднесені механічна, електрична та теплова міцності випромінювачів систем. Для механічної міцності п'єзокерамічних випромінювачів визначені можливі фізичні причини, що обмежують її величину, і на основі їхнього аналізу запропонований ряд можливих підходів, технічна реалізація яких дозволяє підвищити акустичну потужність, випромінювану системою. Для одного із цих підходів, пов'язаного з організацією в системі однакової коливальної швидкості випромінювачів, близької до гранично можливої для їхнього механічного руйнування, сформульована і методом зв'язаних полів у багатозв'язних областях вирішена задача випромінювання довільною системою, утвореною з кінцевого числа гідроакустичних циліндричних п'єзокерамічних випромінювачів з окружною поляризацією, максимальної акустичної потужності.

22.02-01.148 Исследование рассеяния мощного лазерного излучения в кристаллах трибората лития методом пьезорезонансной спектроскопии. Стирманов Ю.С., Грищенко И.В., Коляшкин А.В., Рябушкин О.А. Нелинейный мир. 2021. 19, № 4, с. 46-49. Рус.

Постановка проблемы. С ростом мощности современных источников лазерного излучения возрастают и требования к оптическому качеству нелинейно-оптических кристаллов, кото-

рые широко используются для нелинейно-оптического преобразования частоты лазерного излучения. Так как оптическое качество нелинейно-оптических кристаллов характеризуется, в частности, коэффициентом рассеяния лазерного излучения, его определение является актуальной задачей. Цель. Исследовать возможность применения метода пьезорезонансной спектроскопии для измерения малых коэффициентов оптического рассеяния нелинейно-оптических кристаллов при воздействии непрерывного лазерного излучения высокой мощности и интенсивности. Результаты. Проведено экспериментальное измерение малых коэффициентов рассеяния нелинейно-оптических кристаллов методом пьезорезонансной спектроскопии. Определен коэффициент рассеяния кристаллов трибората лития LiB_3O_5 (LBO) при воздействии непрерывного лазерного излучения с длиной волны 1070 нм. Показано, что в диапазоне интенсивностей лазерного излучения от 3 до 60 МВт/см² коэффициент оптического рассеяния кристалла LBO возрастает от $1,5 \cdot 10^{-3}$ до $5,0 \cdot 10^{-3}$ см⁻¹. Практическая значимость. Продемонстрирована возможность применения метода пьезорезонансной спектроскопии для измерения малых коэффициентов оптического рассеяния нелинейно-оптических кристаллов при воздействии лазерного излучения высокой мощности и интенсивности.

22.02-01.149 Пьезоэлектрические свойства пористого кремния. Морозов В.А., Зебря А.Г., Зебря Г.Г., Саветков Г.Г. *Письма в ЖЭТФ*. 2021. 114, № 10, с. 680-684. Рус.

На основании теоретического анализа и прямых экспериментов с образцами на основе пористого кремния *n*- и *p*-типа установлено, что пористый кремний, в связи с понижением симметрии кристаллической решетки, становится пьезоэлектриком. Показано, что оба типа (*n*- и *p*-) пористого кремния обладают пьезоэлектрическими свойствами; при этом пьезоэлектрические свойства пористого кремния *n*-типа, в 2,5 слабее пьезоэлектрических свойств пористого кремния *p*-типа, при одной и той же степени пористости. Это объясняется тем, что при одной и той же степени пористости, поры в кремнии *p*-типа более широкие и ровные при удалении от поверхности вглубь материала, а в пористом кремнии *n*-типа более узкие и извилистые.

22.02-01.150 О возможности распространения гамма-фотонов со скоростью менее шести метров в секунду при комнатной температуре посредством акустически индуцированной прозрачности. Радионичев Е.В., Хайрулин И.Р., Кочаровская О.А. *Письма в ЖЭТФ*. 2021. 114, № 12, с. 789-797. Рус.

Ранее [Phys. Rev. Lett. 124, 163602 (2020)] сообщалось о наблюдении акустически индуцированной прозрачности фольги из нержавеющей стали для резонансных гамма-фотонов с энергией 14.4 кэВ от радиоактивного мессбауэровского источника ⁵⁷Со, которая аналогична электромагнитно-индуцированной прозрачности и расщеплению Ауслера—Таунса. В данной статье мы показываем, что в тех же экспериментальных условиях использование фольги из нержавеющей стали определенной толщины, обогащенной нуклидом ⁵⁷Fe, осциллирующей с оптимальной частотой, позволит замедлить однофотонный волновой пакет гамма-излучения длительностью около 80 нс от источника ⁵⁷Со до значений менее 6 м/с с задержкой порядка 100 нс при комнатной температуре.

См. также **22.02-01.103, 22.02-01.138, 22.02-01.139**

Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

22.02-01.151 Взаимосвязь термодинамических коэффициентов, их связь с комплексным ангармонизмом и акустикой, особенности их влияния на термодинами-

ку устойчивости фазового равновесия в формализме внешних дифференциальных форм. Червинский Д.А., Христов А.В., Шелест В.В. *Физика и техника высоких давлений*. 2021. 31, № 2, с. 12-27. Рус.

С использованием принципов исчисления внешних дифференциальных форм определены взаимосвязи термодинамических коэффициентов, характеризующих различные свойства упруго деформированной среды, установлена связь с ангармонизмом и звуковыми волнами в системе. Показано влияние акустики на термодинамику устойчивости фазового равновесия.

22.02-01.152 Исследование процессов на поверхности и в объеме материалов магнетрона в условиях термического и термоакустического воздействия на его корпус при откачке воздушной атмосферы. Ханбеков И.Ф., Петров В.С., Ли И.П., Полумина А.А., Локтев Д.Н. *Физика и химия обработки материалов*. 2020, № 1, с. 42-49. Рус.

Представлена методика измерения относительного количества газа, удаленного из магнетрона при его откачке. Получены уравнения, описывающие три основные стадии газоотделения в процессе откачки. Разработанная методика проверена на модельных объектах и использована для определения относительного количества газа, откачиваемого на каждой стадии газоотделения из серийных магнетронов. Проанализирована эффективность откачки магнетрона при различных методах обезгаживания. Предложен способ ускорения десорбционно-диффузионных процессов при воздействии ультразвуковых колебаний на корпус магнетрона одновременно с его нагреванием во время откачки, повышающий эффективность газоотделения более чем в 2 раза.

См. также **22.02-01.71, 22.02-01.127**

Химические процессы и фазовые переходы при воздействии ультразвука

См. **22.02-01.84, 22.02-01.127**

Источники ультра- и гиперзвука, аппаратура и методы измерений

22.02-01.153 Инфразвук и ультразвук. Кокотка М., Бабкина М.А., Карапетян М.С., Мусаев З.М. *Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г.* Ставрополь: АГРУС. 2019, с. 79-82. Рус.

22.02-01.154 Ультразвук в научных исследованиях, машиностроении, металлургии. Романенко Н.В. *Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г.* Ставрополь: АГРУС. 2019, с. 172-174. Рус.

22.02-01.155 Ультразвук и инфразвук, их действие на организм. Семенова Д. *Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г.* Ставрополь: АГРУС. 2019, с. 206-209. Рус.

См. также **22.02-01.59**

Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

См. **22.02-01.153, 22.02-01.154, 22.02-01.155**

Акустика океана, гидроакустика

Звук в глубоком море, подводный звуковой канал

22.02-01.156 Устойчивые компоненты звукового поля на апертуре антенны в условиях многолучевого распространения. *Вировлянский А.Л., Казарова А.Ю. Акустический журнал.* 2022, № 2, с. 190-203. Рус.

Обсуждается представление волнового поля на вертикальной антенне в подводном звуковом канале в виде суперпозиции компонент, которые устойчивы по отношению к крупномасштабным возмущениям поля скорости звука. Каждая такая компонента формируется узким пучком лучей, попадающих на апертуру антенны. Использование данного представления позволяет модифицировать традиционный метод согласованной со средой обработки сигналов путем перехода от сравнения измеренного и рассчитанного полей на антенне к сравнению устойчивых компонент этих полей. Показано, что использование модифицированного подхода при решении задачи локализации источника позволяет ослабить требования к точности математической модели среды.

Акустика мелкого моря

22.02-01.157 Определение первичных классификационных признаков монохроматического источника звука в мелком море (Визначення первинних класифікаційних ознак монохроматичного джерела звуку в мілкому морі). *Chaika O.S., Yaroshenko M.O., Korzhuk O.V. Микросистеми, Електроніка і Акустика (с іюня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Електроніка і Св'язь укр.")* 2018. 23, № 6, с. 48-57. Рус.

Работа посвящена проблеме первинної класифікації автономних рухомих технічних засобів дослідження моря. На основі класичної моделі мілкого моря, поданого плоским хвилеводом з комбінованими границями, розглянуто особливі точки векторного поля інтенсивності звукового сигналу, який створюється монохроматичним точковим джерелом та встановлено залежності позиціонування джерел звуку від змінення фази прийнятого сигналу. Наведено результати розрахунків векторного поля інтенсивності та девіаційних характеристик прийнятого сигналу, що відповідають певній сукупності вихідних умов. При цьому встановлена відповідність таких параметрів прийнятого сигналу як знак, величина і періодичність проявів девіації частоти хвилі-носія — певним розподіленням векторного поля інтенсивності та встановлено однозначний зв'язок результатів аналізу девіаційних характеристик і горизонтів розміщення джерела звуку (що і відповідає первинним класифікаційним ознакам джерела).

См. также **22.02-01.77, 22.02-01.129**

Взаимодействие звука с внутренними волнами и течениями

22.02-01.158 Применение биспектрального вейвлет-анализа для поиска трехволновых взаимодействий в спектре внутренних волн. *Жегулин Г.В., Зимин А.В. Мор. гидрофиз. жс.* 2021. 37, № 2, с. 147-161. Рус.

Цель. Цель работы — апробация применения биспектрального вейвлет-анализа как инструмента для изучения резонансных взаимодействий между частотными составляющими спектра внутреннего волнения (на примере модельных сигналов, подобных по форме солитонам и борам, а также данных натурных наблюдений за колебаниями температуры, вызванными внутренним волнением в Горле Белого моря). Методы и результаты. В работе представлена методика обнаружения трехволновых взаимодействий в спектре внутреннего волнения. В основу метода положен биспектральный вейвлет-анализ. Он позволяет идентифицировать межгармоническую корреляцию и квадратичную связь по фазе, возникающую вследствие нелинейных взаимодействий между частотными компонентами сигнала. В первой части работы эффективность используемого мето-

да оценивалась на примере различных искусственных сигналов с квадратичной нелинейностью для демонстрации особенностей и достоинств метода. Во второй части работы метод был применен с целью проанализировать полученные по данным зондирования термостратифицированной структуры профили температуры, в которых зафиксированы колебания, связанные с прохождением групп внутренних волн. Показано, что вследствие квадратичной нелинейности генерируются волны с периодом 40 мин. Значения функции автокоррелированности подтверждают, что высшие гармоники в диапазоне 60–120 мин образуются в результате трехволновых взаимодействий. Гармоники изменяются синхронно во времени, а их амплитуды пропорциональны, что характерно для начальной стадии нелинейной трансформации волн. Отсутствие периодического изменения знака бифазы в рассматриваемом диапазоне указывает на незначительное влияние дисперсионных эффектов на структуру короткопериодных внутренних волн. Выводы. На примере наблюдений в Горле Белого моря показано, что зарегистрированная асимметричная структура колебаний изотерм формировалась под влиянием трехволнового взаимодействия. Обсуждается возможность дальнейшего применения метода для исследования процессов нелинейной трансформации и обрушения внутренних волн.

22.02-01.159 Свободные короткопериодные внутренние волны в арктических морях России. *Букатов А.А., Соловей Н.М., Павленко Е.А. Мор. гидрофиз. жс.* 2021. 37, № 4, с. 645-658. Рус.

Цель. Цель данной работы — исследование зависимости вертикальной структуры и фазовых характеристик свободных короткопериодных внутренних волн (ВВ) от стратификации плотности в Баренцевом, Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском морях. Методы и результаты. В результате решения основной краевой задачи типа Штурма—Лиувилля рассчитаны амплитуды вертикальной составляющей скорости, собственные частоты и собственные периоды первой моды внутренних волн. Для расчета поля плотности использовались данные реанализа World Ocean Atlas 2018 о температуре и солёности за период 1955—2017 гг. с разрешением $0,25 \times 0,25^\circ$. Проанализирована связь вертикальной структуры и дисперсионных свойств внутренних волн с распределением плотности по глубине. Показано, что усредненная по акватории моря глубина залегания максимума амплитуды вертикальной составляющей скорости ВВ в Баренцевом и Карском морях составляет в середине зимы ~90 м и ~75–80 м летом, в море Лаптевых и Восточно-Сибирском море ~60 м в течение всего года. Выводы. В месяцы максимальных градиентов плотности наблюдаются самые высокочастотные и самые короткопериодные ВВ. Максимальная устойчивость вод в Баренцевом море наступает в июле—августе, в Карском — в июле—сентябре и ноябре, в море Лаптевых — в июне, ноябре, в Восточно-Сибирском море — в июле. В эти же месяцы наблюдаются максимальные значения осреднённых собственных частот, минимальные значения осреднённых собственных периодов и амплитуд вертикальной составляющей скорости внутренних волн.

Статистическая гидроакустика

22.02-01.160 Сжимаемые вихревые структуры и их роль в зарождении гидродинамической турбулентности. *Агафонцев Д.С., Кузнецов Е.А., Майлыбаев А.А., Серещенко Е.В. УФН.* 2022. 192, № 2, с. 205-226. Рус.

Представлены результаты исследований зарождения квазидвумерных (в виде тонких блинов) вихревых структур в трёхмерных течениях и сужающихся квазидвумерных структур в двумерной гидродинамике при больших числах Рейнольдса, когда в основном порядке развитие этих структур может быть соответственно описано трёхмерными и двумерными уравнениями Эйлера идеальной несжимаемой гидродинамики. Численно и аналитически показано, что сжатие этих структур и соответственно увеличение их амплитуд обусловлено сжимаемостью вмороженных полей: поля непрерывно распределённых вихревых линий в случае трёхмерной гидродинамики и поля линий ротора завихренности (di-vorticity) для двумерных течений. Выяснено, что возрастание завихренности и ротора завихренности можно рассматривать как процесс опрокидыва-

ния соответствующих векторных полей; при больших интенсивностях этот процесс имеет скейлинговый характер колмогоровского типа, связывающий максимальную амплитуду и соответствующие толщины/ширины структур. Проанализирована возможная связь этих когерентных структур в формировании колмогоровского спектра турбулентности и спектра Крейчана, соответствующего постоянному потоку энтропии в случае двумерной турбулентности.

Излучение колеблющихся под водой объектов, импеданс

22.02-01.161 Начально-краевая задача о поведении ледяного покрова под действием нагрузки при наличии сдвигового потока. *Ткачева Л.А. Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2022, № 2, с. 66-76. Рус.

Построено решение задачи о поведении ледяного покрова на поверхности идеальной несжимаемой жидкости конечной глубины под действием локальной области давления при наличии потока со сдвигом скорости. Рассмотрены случаи импульсного воздействия и периодической по времени осесимметричной нагрузки. Использован метод преобразования Фурье в рамках линейной теории волн. Исследован прогиб ледяного покрова в зависимости от градиента скорости течения, коэффициента сжатия и толщины ледяного покрова.

Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

22.02-01.162 Излучение и дифракция волн погруженным телом в слое воды конечной глубины при наличии ледяного покрова. *Нас Л.З., Пан З.У. Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2022, № 2, с. 123-140. Рус.

Для описания процессов излучения и дифракции волн, инициируемых погруженным телом в слое воды постоянной конечной глубины с ледяным покровом, предлагается использовать метод, основывающийся на трехмерной функции Грина. Предполагается, что жидкость идеальная и течение безвихревое, ледяной покров моделируется упругой пластиной. Функция Грина, удовлетворяющая линеаризованному условию на покрытой льдом поверхности, выводится в трехмерном случае для тела без продольного движения в слое воды конечной глубины и приводятся численные результаты для функции Грина и ее производных. С помощью распределения объемного расхода источников на поверхности тела выводятся интегральные уравнения и решаются задачи излучения и дифракции волн. В качестве примера рассматривается погруженная сфера и анализируется влияние глубины слоя воды и изгибной жесткости ледяного покрова на гидродинамику рассматриваемой задачи. Хорошее согласие полученных результатов с аналитическими решениями подтверждает корректность и достоверность предлагаемого метода.

См. также **22.02-01.161**

Подводные шумы, механизмы генерации и характеристики полей

22.02-01.163 К возможности распознавания системной самонаведения торпеды средств гидроакустического противодействия. *Жуков А.В., Усов А.П. Морской сборник.* 2021, № 5, с. 70-72. Рус.

Обобщены результаты теории и практики в разработке и применении разнообразных средств гидроакустического противодействия (СПД), рассмотрены актуальные проблемы защиты активных каналов ССН от воздействия средств ГПД, а также произведены математические расчеты и рассмотрены вопросы повышения их помехозащищенности для повышения эффективности применения противолодочных торпед.

Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

22.02-01.164 Система взглядов на совершенствование обработки гидроакустических сигналов. *Бутырский Е.Ю., Васильев В.В., Рахуба В.П. Морской сборник.* 2021, № 7, с. 57-64. Рус.

Проводится анализ современных подходов к обработке гидроакустической информации, направленных на повышение эффективности корабельных гидроакустических систем; определены основные проблемы, стоящие перед современной военной гидроакустикой. В частности, рассмотрены перспективы использования сложных широкополосных сигналов, алгоритмов обработки, согласованных со свойствами среды, сплайн-методы, применение методов нелинейной фильтрации, вейвлет и теоретико-групповых преобразований. Рассмотрены перспективы использования нейросетей при обработке гидроакустической информации.

22.02-01.165 Система взглядов на совершенствование обработки гидроакустических сигналов. *Бутырский Е.Ю., Васильев В.В., Рахуба В.П. Морской сборник.* 2021, № 8, с. 37-45. Рус.

Проводится анализ современных подходов к обработке гидроакустической информации, направленных на повышение эффективности корабельных гидроакустических систем, определены основные проблемы современной военной гидроакустики. В частности, рассмотрены перспективы использования сложных широкополосных сигналов, алгоритмов обработки, согласованных со свойствами среды, сплайн-методы, применение методов нелинейной фильтрации, вейвлет и теоретико-групповых преобразований. Рассмотрены перспективы использования нейросетей при обработке гидроакустической информации.

22.02-01.166 Гидроаэродром: многочастотный гидроакустический волнограф для измерения гидроусловий на акватории. *Волощенко В.Ю., Волощенко А.П., Волощенко Е.В. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2021, № 1, с. 155-159. Рус.

Рассмотрены физические принципы функционирования и технические характеристики гидроакустического волнографа — средства для измерения гидроусловий на акватории летного бассейна, которое может обеспечить регистрацию параметров морского волнения в течение длительного времени с высокой точностью, надежностью и стабильностью.

Гидроакустические преобразователи и антенны

См. **22.02-01.163, 22.02-01.166**

Подводные измерения и калибровка аппаратуры

См. **22.02-01.78, 22.02-01.163, 22.02-01.166**

Атмосферная и аэроакустика

Механизмы, влияющие на распространение звука в воздухе

22.02-01.167 Моделирование грома и звука разрядов в изоляции. *Цветаев С.К. Техническая акустика.* 2022, 21,

№ 1, <http://www.ejta.org/ru/tsvetaev2>. Рус.

Величественные и божественные молния и гром аналогичны по физике некоторым процессам опасным разрядам в изоляторах высоковольтного оборудования. При этом разница в размерах разрядов составляет 6—8 порядков. Замедленный в 100—500 раз звук разрядов в оборудовании иногда напоминает гром. Мате-

математическое моделирование грома облегчается тем, что хорошо изучены акустические свойства воздушной среды, что часто недостаточно известно для оборудования. Для математического описания грома используется восстановление исходных акустических импульсов разрядов по высокочастотным всплескам звукового спектра. Моделирование источника звука и среды распространения проводится с помощью электрической схемы, созданной на основе электромеханических аналогий. При этом аналогом источника звука является генератор импульсов напряжения, а импульсная переходная функция среды соответствует схеме с фильтром низких частот, что позволяет точно восстановить форму начала звуковой волны на протяжении нескольких исходных импульсов. Совпадение форм реальной и смоделированной волны доказывает справедливость модели. Обнаружив предшествующие исходным акустическим импульсам синхронные с ними электрические импульсы, можно уверенно проводить локацию дефектов высоковольтного оборудования.

Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

22.02-01.168 Вертикальный перенос импульса инерционно-гравитационными внутренними волнами на течении при учете турбулентной вязкости и диффузии. *Слепышев А.А. Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2022, № 2, с. 77-86. Рус.*

В приближении Буссинеска рассматриваются свободные внутренние волны при учете вращения Земли на двумерном вертикально-неоднородном стратифицированном течении при учете турбулентной вязкости и диффузии. Применяется неявный метод Адамса третьего порядка точности для численного решения краевой задачи для амплитуды вертикальной скорости внутренних волн. Получено, что собственная функция и частота волны — комплексные. Учет турбулентной вязкости и диффузии приводит к тому, что мнимая часть частоты волны отрицательная, т.е. волна затухает. Вертикальные волновые потоки импульса отличны от нуля и могут быть сравнимы или превышать соответствующие турбулентные потоки.

22.02-01.169 Слабонелинейные трехмерные гравитационные несвязанные волны на границе раздела: метод возмущений и вариационная постановка. *Salmi S., Allalou N., Debiane M. Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2022, № 2, с. 105-122. Рус.*

Рассматривается слабо нелинейное поведение короткогребневых волн на границе раздела двух сред при наличии течения в одной из сред. При нахождении аналитических решений используются два подхода. В первом из них при нахождении решений с пятым порядком аппроксимации применяется метод возмущений. Преимущество этого метода состоит в том, что он позволяет определить условие гармонического резонанса, который является одним из главных характеристик волн с короткими гребнями. Вторым методом является вариационный подход, предложенный Уиземом. На базе этого метода находится квадратное дисперсионное уравнение. В линейном случае показано, что есть критическая скорость течения, при превышении которой решения со стационарными волнами не могут существовать. Это критическое течение связано с появлением неустойчивости. В нелинейном случае критическая скорость течения растет вместе с амплитудой волн, как и в двумерном случае.

22.02-01.170 Вертикальный перенос импульса инерционно-гравитационными внутренними волнами на двумерном сдвиговом течении. *Слепышев А.А. Мор. гидрофиз. жс. 2021. 37, № 4, с. 391-404. Рус.*

Цель. Исследовать вертикальный перенос импульса инерционно-гравитационными внутренними волнами на двумерном течении с вертикальным сдвигом скорости, изучить стоков дрейф частиц жидкости и влияние на него среднего течения — цель данной работы. Методы и результаты. В приближении Буссинеска рассматриваются свободные внутренние волны в безграничном бассейне постоянной глубины при учете вращения Земли. Две компоненты скорости среднего течения зависят от вертикальной координаты. Уравнение для амплиту-

ды вертикальной скорости имеет комплексные коэффициенты, поэтому собственная функция и частота волны — комплексные. Соответствующая краевая задача решается численно по неявной схеме Адамса третьего порядка точности. Частота волны при фиксированном волновом числе находится методом пристрелки. Получено, что мнимая часть частоты мала и может быть как отрицательной, так и положительной в зависимости от волнового числа и номера моды. Таким образом, возможно как слабое затухание, так и слабое усиление внутренней волны. Вертикальные волновые потоки импульса отличны от нуля и могут превышать соответствующие турбулентные потоки. Скорость стокова дрейфа, поперечная к направлению волны, отлична от нуля и меньше продольной скорости. Вертикальная составляющая скорости стокова дрейфа также отлична от нуля и на четыре порядка меньше продольной составляющей. Знаки вертикальной составляющей скорости стокова дрейфа у волн с частотами 10 и 16 цикл/ч противоположны, так как знаки мнимой части частоты у них разные, а вертикальная составляющая скорости стокова дрейфа пропорциональна мнимой части частоты волны. Выводы. Вертикальный волновой поток импульса у инерционно-гравитационных внутренних волн отличен от нуля при наличии течения, у которого компонента скорости, поперечная к направлению распространения волны, зависит от вертикальной координаты. Поперечная к направлению распространения волны компонента скорости стокова дрейфа при этом отлична от нуля и меньше продольной. Вертикальная составляющая скорости стокова дрейфа также отлична от нуля и может вносить вклад в формирование вертикальной тонкой структуры.

22.02-01.171 Фазовые характеристики полей внутренних гравитационных волн в океане со сдвигом скорости течений. *Булатов В.В., Владимиров Ю.В., Владимиров И.Ю. Мор. гидрофиз. жс. 2021. 37, № 4, с. 473-489. Рус.*

Цель. Описание динамики внутренних гравитационных волн в океане с фоновыми полями сдвиговых течений является весьма сложной проблемой уже в линейном приближении. Математическая задача, описывающая волновую динамику, сводится к анализу системы уравнений в частных производных, и при одновременном учете вертикальной и горизонтальной неоднородности эта система уравнений не допускает разделение переменных. Используя различные приближения, можно построить аналитические решения для модельных распределений частоты плавучести и фоновых сдвиговых океанических течений. Целью работы является изучение динамики внутренних гравитационных волн в океане с произвольными и модельными распределениями плотности и фоновых сдвиговых течений. Методы и результаты. В работе представлены численные и аналитические решения, описывающие основные фазовые характеристики полей внутренних гравитационных волн в стратифицированном океане конечной глубины, как для произвольных, так и для модельных распределений частоты плавучести и фоновых сдвиговых течений. Течения рассматриваются как стационарные и горизонтально однородные в предположении, что масштаб изменчивости течений по горизонтали и по времени много больше характерных длин и периодов внутренних гравитационных волн. С помощью метода Фурье получены интегральные представления решений при выполнении условия устойчивости Майлса—Ховарда. Для решения вертикальной спектральной задачи предложен алгоритм расчета основных дисперсионных зависимостей, определяющих фазовые характеристики генерируемых волновых полей. В работе представлены расчеты для одного реального распределения частоты плавучести и профиля сдвигового течения. Изучена трансформация дисперсионных поверхностей и фазовых структур полей внутренних гравитационных волн в зависимости от параметров генерации. Для аналитического решения задачи использованы постоянное распределение частоты плавучести и линейные зависимости фоновых сдвиговых течений от глубины. Для модельного распределения частоты плавучести и сдвигового течения выведены явные аналитические выражения, описывающие решения вертикальной спектральной задачи. Проведено сравнение численных и асимптотических решений для характерных океанических параметров. Выводы. Полученные в работе результаты показывают, что асимптотические конструкции, использующие

модельные зависимости частоты плаучести и распределения фоновых сдвиговых скоростей, с хорошей степенью точности описывают численные решения вертикальной спектральной задачи. Использование модельных представлений для гидрологических параметров позволяет качественно верно описывать основные характеристики внутренних гравитационных волн в океане с произвольными фоновыми сдвиговыми течениями.

См. также 22.02-01.153, 22.02-01.155

Распространение в стационарной атмосфере, метеорологические факторы

См. 22.02-01.45

Распространение и рассеяние на турбулентности и на неоднородных течениях

22.02-01.172 Оптимальное управление турбулентным пограничным слоем на проницаемой цилиндрической поверхности в сверхзвуковом потоке газа. *Мухометзянов И.Р.* Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2020, № 1, с. 64-70. Рус.

Рассматривается задача построения закона распределения нормальной составляющей скорости вдува в турбулентный пограничный слой при сверхзвуковых скоростях обтекания. Задача решается с использованием метода обобщенных интегральных соотношений Дородницына и формализма Лагранжа. Проведены вычислительные эксперименты, показавшие эффективность оптимальных управлений по сравнению с равномерным законом вдува.

22.02-01.173 Эволюционные свойства разрывных течений жидкости с турбулентной вязкостью. *Шабловский О.Н.* Прикладная гидромеханика (Прикладна гідромеханіка). 2001. 14, № 32, с. 72-80. Рус.

См. также 22.02-01.54, 22.02-01.160

Источники звука в атмосфере

См. 22.02-01.167

Аэро-термо-акустика и акустика горения

См. 22.02-01.151

Ударные и взрывные волны, звуковой удар

22.02-01.174 Моделирование взаимодействия ударной волны с деформируемым проницаемым гранулированным слоем. *Глазова Е.Г., Турыгина И.А., Модин И.А.* Проблемы прочности и пластичности. 2020. 82, № 3, с. 353-363. Рус.

Представлена математическая модель, описывающая в одномерном приближении взаимосвязанные процессы нестационарного деформирования плоских проницаемых гранулированных слоев, состоящих из шаровых частиц, и волновой динамики в поровом и окружающем газе. В основе модели лежат нелинейные уравнения динамики двух взаимопроникающих континуумов. В качестве межфазных сил учитываются силы сопротивления при обтекании газом шаровых частиц и силы трения Стокса. Численное решение уравнений проводится по модифицированной схеме С.К. Годунова, адаптированной к задачам динамики взаимопроникающих сред. Поверхности контакта газа вне пор с пористым гранулированным слоем и поровым газом являются поверхностью разрыва пористости и проницаемости, на которых выполняются законы сохранения как на скачке пористости. Численная реализация контактных условий производится на основе решения задачи распада разрыва на скачке пористости. Получены решения задач воздействия плоских ударных волн на деформируемый гранулированный слой. Исследуется трансформация волн при прохождении через упругопластический гранулированный слой с учетом и без учета

изменения проницаемости слоя вследствие его деформации. При решении задач используется зависимость изменения проницаемости слоя от его сжатия, которая получена также численно при моделировании сжатия симметричных фрагментов гранулированных слоев в пространственной постановке. Численные исследования процессов нелинейного взаимодействия ударных волн с деформируемыми проницаемыми гранулированными слоями показали, что параметры проходящих и отраженных волн существенно зависят от степени обжатия гранулированных слоев, поэтому оценку защитных свойств проницаемых преград при воздействии сильных ударных волн следует проводить с учетом изменения их проницаемости вследствие деформирования.

22.02-01.175 Экспериментальное исследование структуры ударных волн в прессованном порошке из наночастиц никеля. *Ростилов Т.А., Зиборов В.С., Долгобородов А.Ю.* Вестник Московского гос. обл. ун-та. Серия: Физ.—Мат. 2021, № 4, с. 66-74. Рус.

Цель: экспериментальное исследование особенностей распространения волн ударного сжатия в образцах из спрессованных наночастиц никеля (npNi), получение данных по ударной адиабате вещества и анализ профилей ударных волн в заданном диапазоне давлений. Процедура и методы. Методом лазерной интерферометрии в условиях одноосного нагружения впервые исследованы особенности распространения волн ударного сжатия в образцах из спрессованных наночастиц никеля при относительно малых давлениях — 1,7 и 4,1 ГПа. Результаты. Для исследованного вещества получены профили ударных волн и точки на ударной адиабате. Определён предел упругости Гюгонио — 0,48 ГПа. Теоретическая и/или практическая значимость. Обнаружено, что профили ударных волн в спрессованном порошке из наночастиц никеля имеют сложную многоступенчатую структуру, в которой чётко выделяется волна-предвестник. Показано, что профиль волны сжатия можно описать многократным отражением волны-предвестника от исследуемой поверхности образца и следующей за ним пластической волны сжатия. Установлено, что в диапазоне исследованных давлений толщина образца и режим нагружения определяют процесс ударного сжатия. Показано, что разница между состояниями вещества за фронтом пластической ударной волны до первого отражения предвестника и после последнего отражения существенна.

См. также 22.02-01.70, 22.02-01.79, 22.02-01.107, 22.02-01.109, 22.02-01.110, 22.02-01.111, 22.02-01.117, 22.02-01.167

Звук в трубах с потоками

22.02-01.176 Параметрический метод решения задачи о течении многомодальной вязкоупругой жидкости в круглой трубе. *Вачагина Е.К., Кадыйров А.И.* Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2022, № 2, с. 27-37. Рус.

Представлено параметрическое решение задачи о течении многомодальных вязкоупругих жидкостей с реологическими уравнениями состояния Гиезекуса и Фан-Тьен-Таннера в круглой трубе для ламинарных изотермических стационарных режимов течений с умеренными и высокими значениями чисел Вайсенберга. Представлены полученные на основании расчетов профили осевой составляющей скорости и нормальных напряжений, а также профили коэффициентов разностей нормальных напряжений при течении полиэтилена низкой плотности (DSM Stamylan LD 2008 XC43) и 0.25% водного раствора полиакриламида. Получено удовлетворительное согласование между экспериментальными и расчетными данными для обеих реологических моделей. Рассмотрен частный случай течения вязкоупругой жидкости Гиезекуса с величиной реологического параметра модели в интервале (0,5, 1).

22.02-01.177 Параметрическое исследование течения вязкого газа в расширяющихся конических соплах. *Карсканов С.А.* Химическая физика и мезоскопия. 2021. 23, № 3, с. 264-271. Рус.

На основе прямого численного моделирования проведено па-

раметрическое исследование потоков вязкого газа, протекающих сквозь расширяющиеся конические сопла. Для интегрирования уравнений гидромеханики применялись алгоритмы аппроксимации частных производных с высоким порядком точности. Процесс счета распараллеливался и велся на многопроцессорной вычислительной системе. Варьируемым параметром в исследованиях являлся угол сужения сопла. Приведены поля распределения как мгновенных, так и осредненных гидромеханических параметров течений. Визуализированы и проанализированы поля распределения пульсационных характеристик потоков. Определено, что область интенсивных вихревых возмущений увеличивается с ростом угла расширения, однако, увеличения амплитуды колебаний не происходит.

См. также **22.02-01.43**

Авиационная акустика

22.02-01.178 Определение параметров шероховатости по её аэродинамическим характеристикам в разреженном газе путём решения обратной задачи. *Аксенова О.А., Халидов И.А. IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.* СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 185-186. Рус.

22.02-01.179 О математическом моделировании гиперзвукового обтекания тонкого крыла переменной формы. *Богатко В.И., Потехина Е.А. IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.* СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 188-190. Рус.

22.02-01.180 Влияние диаметра воздушного винта, установленного в концевом сечении крыла большого удлинения, на аэродинамические характеристики. *Виноградов О.Н., Корнушенко А.В., Павленко О.В., Петров А.В., Пигусов Е.А., Чинь Т.Н. IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.* СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 194-195. Рус.

22.02-01.181 Научно-практические подходы к совершенствованию конструкций глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания на основе теории чисел. *Груданов В.Я., Белозвостов Г.И., Ткачева Л.Т. Наука и техника.* 2021. 20, № 5, с. 434-444. Рус.

Для совершенствования важнейших параметров рабочих органов глушителей шума предложен метод, основанный на использовании теории предпочтительных чисел. В результате многолетних научных исследований авторами установлена неизвестная ранее теоретическая взаимосвязь между основными рядами предпочтительных чисел, золотой пропорцией и числами ряда Фибоначчи. Рассмотрено новое направление в развитии теории чисел, составлена ее классификация, включающая в себя геометрическую теорию чисел, предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел, содержащая новый основной ряд предпочтительных чисел с применением последовательности Фибоначчи. Получены новые формулы для определения знаменателей геометрических прогрессий рядов предпочтительных чисел и площади круга. Определение площади круга по новой формуле позволяет получать более точные ее значения. Выведена также новая формула для определения длины окружности круга. Разработаны конструкции перфорированных перегородок, в которых использованы закономерности новых основных рядов предпочтительных чисел. Дано расчетное обоснование основных геометрических и конструктивных размеров глушителей шума с помощью математической модели перфорированной золотой перегородки и новых основных рядов предпочтительных чисел, позволяющее получить конструкцию глушителей шума, обладающих минимально возможным аэродинамическим сопротивлением при максимально возможном снижении уровня шума выпуска отработавших газов двигателей внутреннего сгорания. Предложена инновационная модель глушителя шума поршневых двигателей внутреннего сгорания с улучшенными гидравлическими и акустическими характеристиками на основе теории чисел. Теория предпочти-

тельных чисел применима к любым техническим устройствам.

22.02-01.182 О математическом моделировании гиперзвукового обтекания тонкого крыла переменной формы. *Богатко В.И., Потехина Е.А. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия.* 2021. 8, № 4, с. 639-645. Рус.

Проводится исследование пространственного обтекания тонкого крыла переменной формы гиперзвуковым потоком невязкого газа. Головная ударная волна считается присоединенной к передней кромке крыла. Использование метода тонкого ударного слоя для решения системы уравнений газовой динамики позволяет построить математическую модель рассматриваемого течения. Следует отметить также, что анализ граничных условий дает возможность определить структуру разложения искомых величин в ряд и строить приближенные аналитические решения. В этом случае при определении поправок первого приближения два уравнения интегрируются независимо от остальных. Применение преобразования Эйлера—Ампера позволяет построить решение, зависящее от двух произвольных функций и неизвестной формы фронта головной ударной волны. Для определения этих функций ранее была получена интегро-дифференциальная система уравнений. В настоящей работе предлагается один из вариантов полуобратного метода построения решения этой системы, при котором задается вид одной из произвольных функций. Такой подход позволяет дополнительно задать уравнение передней кромки крыла, а в случае, когда головная волна присоединена вдоль всей передней кромки, и наклон поверхности крыла на ней. Приведенный в работе вариант полуобратного метода для нестационарной пространственной задачи обтекания позволил получить частное решение, которое является модельным для различных режимов обтекания крыла. Получены формулы для определения формы фронта ударной волны, поверхности обтекаемого тела, расстояния между ударной волной и поверхностью тела, параметров течения на поверхности крыла.

22.02-01.183 Акустические характеристики авиационных поршневых двигателей. *Мошков П.А. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2020, № 4, с. 11-16. Рус.

Дан краткий обзор механизмов генерации шума поршневыми двигателями. Рассмотрены спектральные, энергетические и пространственные характеристики звукового поля двигателей, применяемых в авиации в составе силовых установок легких самолетов и беспилотных летательных аппаратов.

22.02-01.184 Влияние высокотемпературных эффектов на угол наклона скачка уплотнения при сверх- и гиперзвуковом обтекании острого конуса. *Волков К.Н., Емельянов В.Н., Карпенко А.Г., Толстогузов С.С. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2021, № 3, с. 99-107. Рус.

Проводится численное моделирование сверх- и гиперзвукового обтекания острого конуса потоком невязкого газа с учетом высокотемпературных эффектов. Обсуждаются вопросы, связанные с численной реализацией вычислительной процедуры, предназначенной для нахождения стационарных решений уравнений газовой динамики, описывающих течения около конуса с учетом реальных свойств газового потока.

22.02-01.185 Исследование теплообмена в камере сгорания РДТТ в рамках модели гомогенного газа. *Бендерский Б.Я., Чернова А.А. Химическая физика и мезоскопия.* 2021. 23, № 4, с. 412-419. Рус.

Статья посвящена анализу возможности применения модели гомогенного газа для корректного численного моделирования процессов сопряженного теплообмена в проточных трактах камеры сгорания твердотопливного ракетного двигателя. Моделирование проводилось на основе метода конечных объемов в рамках модели вязкого теплопроводящего сжимаемого газа в открытой интегрируемой платформе OpenFOAM. Исследовалось корректность учета только конвективных потоков при расчете распределений коэффициента теплоотдачи. Анализ полученных данных показал, что применение допущения о гомогенности состава продуктов сгорания при исследовании внутренней газодинамики и теплообмена в дозвуковых областях КС РДТТ

корректно и оправдано.

См. также 22.02-01.43, 22.02-01.110, 22.02-01.131, 22.02-01.177

Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

22.02-01.186 Численное решение задачи гиперзвукового обтекания тонкой пластины. *Березко М.Э., Никитченко Ю.А. Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2022, № 2, с. 87-95. Рус.

Рассмотрена задача обтекания абсолютно острой кромки гиперзвуковым потоком. Решение проводилось с использованием модельного кинетического уравнения многоатомных газов. Описан метод решения задачи, позволяющий выделить разрыв функции распределения молекул в пространстве скоростей. Рассчитано распределение нормального напряжения по поверхности пластины и над ней. Полученные результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными. Показано, что при гиперзвуковом обтекании перед острой кромкой возникает возмущенная область течения.

22.02-01.187 Динамика пограничного слоя в сжимаемом газе. Численное моделирование. *Жаров В.А., Тугазаков Р.Я. Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2022, № 2, с. 96-104. Рус.

По результатам прямого численного моделирования обтекания плоской пластины в рамках уравнений Навье—Стокса проведен теоретический анализ ламинарно-турбулентного перехода в сверхзвуковом потоке газа. Подтвержден закон подобия частоты образования берстов. Спектральный анализ течения ука-

зал на реализацию в турбулентном пограничном слое (т.п.с.) резонансного трехволнового взаимодействия волн. Изучено влияние температуры пластины на турбулилизацию потока газа и спектральный состав пульсаций давления.

22.02-01.188 Экспериментальное исследование колебаний капли воды в потоке воздуха при акустическом воздействии. *Володин В.В., Голуб В.В., Ельянов А.Е., Микущин А.Ю. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки.* 2022, № 1, с. 57-71. Рус.

Приведены результаты исследования взаимодействия потока газа и капли жидкости. Подробно описана предлагаемая экспериментальная установка. Изложены результаты экспериментального исследования колебаний капли диаметром 1,4 мм в потоке воздуха со скоростью 3,1–10,0 м/с. С использованием высокоскоростной камеры Phantom (частота съемки 2000 кадр/с) получены серии фотографий капли в потоке воздуха через равные промежутки времени. Рассчитаны спектры свободных колебаний капли в газовом потоке, а также колебания под воздействием звуковых колебаний воздуха с частотой 0–1000 Гц и уровнем звукового давления 0–121 дБ. Обнаружены области параметров потока газа и акустического излучения, при которых происходит усиление или ослабление амплитуды колебаний капли. С использованием теории неустойчивости Кельвина—Гельмгольца проведен теоретический анализ взаимного влияния потока воздуха и акустического воздействия на каплю жидкости. Рассмотрены возможные значения числа Вебера капли в условиях эксперимента. Сделан вывод об отсутствии дробления капли под действием потока воздуха. Приведены значения частоты колебаний капли под действием потока воздуха, при которых амплитуда колебаний постоянна.

См. также 22.02-01.172, 22.02-01.182

Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

Теория линейных и нелинейных волн в геологических структурах

22.02-01.189 О влиянии сдвиговой жесткости и сжимаемости на устойчивость тяжелых стратифицированных геомассивов. *Синюгина С.В. Физика Земли.* 2022, № 2, с. 155-160. Рус.

на основе проведенных ранее аналитических исследований устойчивости тяжелых стратифицированных геосистем, предложена методика численного анализа и проведены расчеты, позволившие оценить влияние сдвиговой жесткости и модуля объемного сжатия на устойчивость и неустойчивость реальных геомассивов, образованных твердыми упругими геоматериалами. Результаты работы могут быть использованы для нахождения критических значений жесткостных параметров в случае их уменьшения в ходе тех или иных геофизических процессов, а также для уточнения и корректировки данных о плотностях и жесткостных параметрах геомассивов из соображений устойчивости.

Сейсмическое зондирование геологических структур

22.02-01.190 Построение анизотропных скоростных моделей для глубинной миграции до суммирования с привлечением данных широкополосного акустического каротажа. *Метальников А.А., Золотой Н.В., Федорова Д.М., Еремеев А.А. Материалы V Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород. BalticPetroModel-2016», 11–15 сентября 2016 г. М. 2016, с. 104-106. Рус.*

В современной сейсморазведке всегда актуален вопрос совершенствования алгоритмов миграции сейсмических данных и уточнения скоростных моделей для её реализации. Обычно в сейсморазведке используются изотропной моделью для приближенного описания сред. В последнее время все больший интерес

у сейсморазведчиков стал вызывать учет анизотропных свойств пород для уточнения скоростной модели сред, что позволяет получать более качественные обработанные сейсмические данные. Актуальность создания подобных моделей определяет тот факт, что корректность глубинно-скоростной модели ведет к повышению качества глубинной миграции.

Обратные задачи сейсмоакустики

22.02-01.191 Решение линейной коэффициентной обратной задачи геофизики на основе интегральных уравнений. *Александров П.Н., Кризский В.Н. Физика Земли.* 2022, № 2, с. 136-143. Рус.

В работе М.В. Клибанова (Beilina L., Klivanov M.V. Approximate Global Convergence and Adaptivity for Coefficient Inverse Problems. Springer. New York. Dordrecht. Heidelberg. London. 2012. 407 p.) рассматривалась обратная задача поиска объектов с различными диэлектрическими свойствами с использованием георадарного метода, которая приводила к исследованию нелинейного дифференциального уравнения. В данной статье развивается идея этого подхода, приводящая к линейному матричному дифференциальному уравнению в частных производных первого порядка. Излагается решение линейной обратной задачи для случая, когда расчетной формулой для поля в прямой задаче является формула объемного интегрального представления. Алгоритм этого решения может быть применен для восстановления физических свойств неоднородных и анизотропных сред для различных геофизических методов. Демонстрируются результаты вычислительных экспериментов по разработке систем наблюдения, имитирующих некоторые практические случаи. Ключевые слова: линейная коэффициентная обратная задача геофизики, контролируемые источники, анизотропные, бианизотропные, упругие среды.

Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

22.02-01.192 Применение и развитие способов восстановления акустических и плотностных характеристик разреза для сейсмогеологического моделирования нефтегазовых объектов Западной Сибири. *Черепанов Е.А. Материалы V Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород. BalticPetroModel-2016»*, 11–15 сентября 2016 г. М. 2016, с. 64–67. Рус.

Построение сейсмогеологических моделей основывается на данных акустического каротажа (АК) и гамма-гамма-

плотностного каротажа (ГГК-П) в скважинах. В случае отсутствия в скважинах данных АК и ГГК-П представляется целесообразным для повышения качества сейсмогеологической модели восстановить данные АК и ГГК-П по данным других методов геофизических исследований скважин (ГИС). В настоящее время известны различные методики восстановления акустических и плотностных свойств разреза по данным ГИС, накоплен большой опыт использования таких методик при решении практических задач на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь».

Акустическая экология; Шумы и вибрации

Шумы и вибрации в воздушной среде

22.02-01.193 Направленность приповерхностного источника шумоизлучения в свободном пространстве. *Вавилов А.А. Неделя науки СПбГМТУ-2019: сборник докладов Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»: в 2 т. Т.1.* СПб: СПбГМТУ. 2019, с. 27-39. Рус.

Описаны особенности шумоизлучения в свободном пространстве и разработка математической модели характеристики направленности шумоизлучения.

22.02-01.194 Акустическая долговечность жестких вибродемпфирующих конструкций. *Коробицына Д.М., Кузнецова А.Д., Пальникова О.В. Неделя науки СПбГМТУ-2019: сборник докладов Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»: в 2 т. Т.1.* СПб: СПбГМТУ. 2019, с. 384-392. Рус.

Рассматриваются вопросы оценки акустической долговечности жестких вибродемпфирующих конструкций, которые широко используются на судах. Данная оценка, безусловно, важна для того, чтобы спрогнозировать снижение эффективности противозвукового комплекса с течением времени в нормируемых помещениях. Проведены измерения коэффициента механических потерь образцов пластин, выполненные с разницей в 5, 7 и 17 лет. При анализе измерений проверялась статистическая нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий для того, чтобы подтвердить или опровергнуть статистическое совпадение величин коэффициентов механических потерь, измеренных в различное время. На примере разработанной модели судна с использованием энергостатистического метода расчета шума и вибрации получены оценки влияния вибродемпфирующих покрытий жесткого типа на шум в судовых помещениях.

22.02-01.195 Исследование шума биротативного винтовентилятора в статических условиях. *Самохин В.Ф., Мошков П.А. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2020, № 1, с. 117-120. Рус.

Представлены основные результаты экспериментального исследования акустических характеристик турбовинтовентиляторного двигателя с биротативным высоконагруженным винтовентилятором. Измерения выполнены при работе двигателя в статических условиях. Получены энергетические, пространственные и спектральные характеристики акустического поля силовой установки.

22.02-01.196 Экспериментальные исследования шума резбо- и шлищшлифовальных станков. *Раззков Ж.П. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 11, с. 319-323. Рус.

Представлены результаты экспериментальных исследований спектров шума при работе шлищшлифовальных и резбошлифовальных станков, в результате чего были выявлены закономерности спектров шума на рабочих местах операторов, а также определено влияние технологического режима на уровень звукового давления.

22.02-01.197 Экспериментальные исследования акустических характеристик трансформатора. *Костюков А.В. Известия Тульского государственного университе-*

та. Технические науки. 2021, № 12, с. 127-132. Рус.

Основным элементом электроснабжения промышленных предприятий является силовой трансформатор. Силовые трансформаторы располагаются на территории промышленных предприятий в открытых специально отведенных зонах, а также в закрытых помещениях или на территории цеха. Существуют нормативные документы, которые регламентируют безопасные условия обслуживания, эксплуатации силовых трансформаторов, а также документы, регламентирующие уровень шума силовых трансформаторов. В работе представлены материалы исследований шума силовых трансформаторов предприятий машиностроения. По результатам исследований сделан анализ и даны предложения по снижению шума трансформаторов.

22.02-01.198 Дальность обнаружения малых воздушных объектов наземной системой шумопеленгования (Дальність виявлення малих повітряних об'єктів наземною системою шумопеленгування). *Kabushka Y.V., Zotko A.S., Kandrachuk I.V., Korzhuk O.V. Микросистеми, Електроніка і Акустика (січня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Електроніка і Связь укр.)* 2018. 23, № 5, с. 48-56. Рус.

В роботі розглянуто задачу виявлення малих повітряних об'єктів наземною системою шумопеленгування з супутнім визначенням дальності виявлення в умовах наближено до реальної завадо-сигнальної ситуації. В якості приймальної системи обрана група приймачів, що реалізують — зонд і виконана у вигляді лінійної дискретної еквідистантної акустичної антени. Малий повітряний об'єкт представлений "БПЛА з гвинтовими-кільцевими рудієм в штовхає компонуванні". До проведення розрахунків залучені дані по втратах на розширення фронту акустичних хвиль, дані по просторовому загасання, за впливом кліматичних факторів і зелених насаджень, а також особливостей "з — профілю" і рельєфу місцевості. Виникнення в даний час значного інтересу до питань використання акустичних засобів для виявлення, пеленгування та визначення елементів руху малих повітряних об'єктів зумовило розвиток напрямків створення мобільних шумопеленгаторних пристроїв, що реалізують традиційні для гідроакустики принципи виявлення джерел специфічного шуму. До таких об'єктів можуть бути віднесені безпілотні літаючі апарати різного призначення — гелікоптерного ("ротор") або літакового типу ("крило"). Рішення такого завдання має спиратися на точні відомості про акустичне поле джерела специфічного шуму і про режими руху об'єкта. На жаль, відомості про шумові характеристики повітряних об'єктів вкрай обмежені, а наявні в широкому доступі джерела інформації в основному орієнтовані на рекламну сторону цього питання. У зв'язку з цим запропонований матеріал буде актуальним і своєчасним, а рішення задачі виявлення зазначених об'єктів з супутнім визначенням прогнозованої дальності дії шумопеленгаторів в умовах заданої моделі паразитного шумового навантаження і являє собою мету роботи. Пропонується здійснювати виявлення малих повітряних об'єктів типу "крило" на висотах і при швидкостях руху, які відповідають їх технічним характеристикам в нормальних рефракціях. Імовірність помилкової тривоги з використанням критеріїв Неймана—Пірсона повинна складати — не більш

0.01. Сектор огляду вибирається відповідно до характеристики спрямованості приймальної системи з можливістю механічного сканування в секторі огляду. Робоча смуга частот приймальної системи формується, виходячи з частотних характеристик шумності і діапазону робочих швидкостей повітряних об'єктів. Пропонується визначити похибку "прогнозовану" дальність, що враховує "енергетичну" і "геометричну" дальності. До проведення розрахунків повинні бути залучені дані по втратах на розширення фронту акустичних хвиль, дані по просторовому загасанню, вплив кліматичних факторів і зелених насаджень, а також особливості "з — профілю" та особливості рельєфу місцевості — у вигляді "інженерних споруд".

22.02-01.199 Прогнозируемая оценка разборчивости речи, замаскированной шумовой помехой (Прогнозоване оцінювання розбірливості мови, замаскованої шумовою завадою). *Harasiuk A.O., Myronov M.V., Lozinsky V.V., Thank Vy N., Darchuk A.V., Prodeus A.M.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2019. 24, № 5, с. 48-55. Рус.

Результати акустичної експертизи приміщень та засобів зв'язку, що полягає в оцінюванні розбірливості мовних сигналів, є необхідними для сертифікації приміщень та комунікаційних систем. Оскільки технічні засоби звукоінженерів постійно змінюються й удосконалюються, а також з огляду на зростання переліку факторів, що можуть бути врахованими при оцінюванні розбірливості мови, зростає й кількість апаратно-програмних додатків для такого оцінювання. Таким чином, розробка математичного та програмного забезпечення для прогнозування та вимірювання розбірливості мови є актуальним завданням. Найбільш поширеними на сьогодні є формантний та модуляційний методи оцінювання розбірливості мови. Формантний метод є дещо обмеженим, оскільки не дозволяє враховувати дію реверберації. Модуляційний метод, в якому мірою оцінювання розбірливості мови є індекс передачі мови (Speech Transmission Index), є вільним від цього недоліку. Тому в деяких роботах можна зустріти висловлювання про «застарілість» формантного методу. Проте, ретельне зіставлення потенційних можливостей формантного та модуляційного методів свідчить, що формантний метод перевершує свого конкурента за точністю і швидкістю обчислень в умовах, коли дія шуму переважає над дією реверберації. Найбільшого поширення набули такі версії формантного методу оцінювання розбірливості мови як індекс артикуляції (Articulation Index) й індекс розбірливості мови (Speech Intelligibility Index). На території колишнього СРСР найбільш поширеними були версії формантного методу, розвинуті в наукових школах, очолюваних Н.Б. Покровським, М.А. Сапожковим і Ю.С. Биковим. Згідно із формантним методом, область частот мовного сигналу розбивають на суміжні частотні смуги, в межах кожної з яких спектри мови та шуму можна вважати практично незмінними, й формантну розбірливість обчислюють як певну функцію парціальних відношень сигнал-шум, а словесну розбірливість обчислюють через формантну розбірливість. У даній статті представлено детальний опис алгоритму прогнозування розбірливості мови шляхом аналітичного моделювання. У загальному вигляді алгоритм складається з наступних кроків: на першому етапі обчислень здійснюється формування первинних моделей мовного сигналу і шуму у вигляді масивів вибірок стаціонарних випадкових процесів із заданими спектральними характеристиками. Потім виконується корекція дисперсій цих модельних процесів, щоб забезпечити необхідне інтегральне відношення сигнал-шум. Після такої корекції оцінюються парціальні відношення сигнал-шум. На заключному етапі обчислюються показники розбірливості мови, такі як формантна розбірливість, словесна розбірливість, індекс передачі мови. Працездатність запропонованого алгоритму перевірена для 4-х видів шумової завади: білої, рожевої, коричневої та типової для навчальних приміщень. Узгодженість отриманих результатів з відомими аналогічними результатами свідчить про коректність запропонованих компонентів аналітичного алгоритму. Окрім того, виконано співставлення результатів оцінювання розбірливості мови, отриманих у відповідності до «класичного» підходу, з результатами оцінювання індексу передачі мови, що дозволи-

ло підтвердити тезу про низьку маскувальну здатність білого шуму при малих відношеннях сигнал-шум. Запропонований в даній роботі алгоритм прогнозування розбірливості мови буде корисним студентам в галузі звукоінженерії, фахівцям в галузях розробки та налагодження систем зв'язку, архітектурного проектування, озвучення залів різного призначення, а також керівникам установ, де розбірливість мови є важливим показником.

22.02-01.200 Влияние транспортного шума на вариабельность сердечного ритма студентов с различными вегетотипами. *Красникова И.В., Розанова С.В.* *Известия Тульского государственного университета. Естественные науки.* 2020, № 4, с. 164-173. Рус.

Проведено дослідження впливу транспортного шуму на показателі варіабельності серцевого ритма в залежності от типу вегетативної регуляції. Показано, що дія цього фактора городської середовища приводить до сдвигу вегетативного балансу в сторону зниження активності парасимпатического відділа вегетативної нервової системи. Найбільш чутливими к транспортному шуму оказались симпатотоники.

См. также **22.02-01.181**

Биологические эффекты шумов и вибраций

22.02-01.201 Шум как стресс фактор, его действия на живой организм. *Багзина М.С., Широкий И.В., Демкина П.О.* *Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г.* Ставрополь: АГРУС. 2019, с. 3-5. Рус.

Воздействие шумов и вибраций на сооружения и технику

22.02-01.202 Фрикционные автоколебания в вибрационной системе с учетом сил трения наследственного типа. *Метрихин В.С., Стародубровская Н.С.* *Проблемы прочности и пластичности.* 2017. 79, № 2, с. 147-155. Рус.

Рассматривается динамика осциллятора, представляющего собой пару трущихся поверхностей, одна из которых движется с постоянной скоростью, а другая, прикрепленная к неподвижной опоре, находится на ней. Сила трения принята в виде суммы двух сил: сухого трения с коэффициентом трения относительного покоя в виде монотонно возрастающей функции от длительности времени относительного покоя трущихся тел и вязкого трения с постоянным коэффициентом трения (сила трения наследственного типа). Изучена структура фазового пространства в зависимости от величины коэффициента вязкого трения. Показано, что режимы с относительным покоем трущихся поверхностей возможны лишь при значениях коэффициента вязкого трения, принадлежащих определенному интервалу. Приведен аналитический вид функции последования, который позволяет определить неподвижные точки точечного отображения, соответствующие периодическим режимам движения тела, либо отыскать бифуркационные значения параметров возникновения хаоса.

22.02-01.203 Методы многокритериальной оптимизации для решения задач виброзащиты. *Гергель В.П., Козинев Е.А., Соврасов В.В.* *Проблемы прочности и пластичности.* 2018. 80, № 2, с. 281-292. Рус.

Представлен подход, позволяющий решать проблемы оптимизации для типичных задач виброизоляции зданий, аппаратов и людей, расположенных на подвижных поверхностях (например, в зонах землетрясений), при существенном сокращении объема вычислений за счет повторного использования и оптимального хранения поисковой информации большого объема. Поисковая информация представляется в блочном виде, и для ее хранения используется страничный принцип организации памяти. При таком подходе оперативная память и внешняя память разделяются на непрерывные участки (страницы) фиксированного (одинакового) размера. Использование страничной памяти позволяет обеспечить хранение матрицы состо-

яния поиска практически неограниченного объема. При этом в оперативной памяти может располагаться ограниченное число блоков, которые необходимы для выполнения обработки поисковой информации в каждый текущий момент времени. Хранение поисковой информации в страницах внешней памяти повышает надежность вычислений и позволяет организовать приостановку вычислений с возможностью последующего продолжения. Эффективность разработанного подхода подтверждается на примере решения задачи виброзащиты механических систем, подверженных периодическим вибрациям. Рассматривается один из возможных подходов к решению подобных задач, основанный на применении виброизоляции. В решаемой задаче предполагается, что система состоит из подвижного основания и закрепленного на нем посредством виброизолятора объекта защиты. Виброизолятор представляет собой многомассовую механическую систему, состоящую из нескольких материальных точек, связанных гасящими вибрации элементами. Цель задачи заключается в определении количества гасящих вибрацию элементов и их расположения с точки зрения стоимости и качества гашения колебаний. Для решения задачи механическая система описывается системой дифференциальных уравнений с управлением. Для поиска оптимального управления формулируются несколько критериев и решается задача многокритериальной оптимизации. Найденное управление позволяет построить виброизолирующие устройства, сохраняющие целостность объектов, находящихся в зонах риска.

См. также [22.02-01.102](#), [22.02-01.194](#)

Структурная акустика и вибрации

22.02-01.204 Симметричная контактная задача для вязкоупругой полуплоскости и абсолютно твердого ударника на сверхзвуковом этапе взаимодействия. *Коровайцева Е.А., Тарлаковский Д.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2018. 80, № 3, с. 326-335. Рус.

Исследуется плоская нестационарная контактная задача о взаимодействии симметричного абсолютно твердого ударника и вязкоупругой полуплоскости на сверхзвуковом этапе. Движение полуплоскости описывается двумерными интегродифференциальными уравнениями, наследственные свойства материала полуплоскости моделируются ядром релаксации Колтунова. Движение ударника предполагается вертикальным. Рассмотрены два предельных условия контакта: абсолютно жесткое сцепление и свободное проскальзывание. Показано, что выражение для контактной силы для обоих условий одинаковое. Решение уравнения движения ударника получено численно методом Рунге—Кутты для трех типов поверхностей, ограничивающих ударник: параболического, кругового и гиперболического цилиндров. Для вычисления свертки в правой части уравнения используется метод прямоугольников, при наличии особенности подынтегральной функции применяется прием мультипликативного выделения особенности. Показано, что на сверхзвуковом этапе взаимодействия временные зависимости перемещения и скорости ударника, а также изменения радиуса области контакта и скорости расширения области контакта не зависят от значений параметров ядра релаксации в рассматриваемом диапазоне их изменения. Кроме того, при отсутствии внешней силы, действующей на ударник, указанные зависимости практически совпадают. С использованием метода малого параметра выполнена оценка влияния вязкости на характеристики контактного взаимодействия для случая ограничения поверхности ударника параболическим цилиндром. Показано, что на сверхзвуковом этапе величины, характеризующие контактное взаимодействие, не зависят от параметров вязкости материала, порядка алгебраической поверхности, ограничивающей ударник, а также от типа ограничивающей поверхности при отсутствии воздействия внешней силы на ударник.

22.02-01.205 Активное гашение поперечных колебаний консольной балки пьезоэлектрическими слоями с различными формами электродов. *Петраков Е.В., Лотфи П.Х., Дробный Е.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2019. 81, № 4, с. 429-442. Рус.

Рассматривается эффективность гашения колебаний консоль-

ной балки, описанной в рамках гипотезы Бернулли—Эйлера и обладающей линейной вязкостью. Предложены методы гашения поперечных колебаний, реализованные динамическим гашителем из пьезоэлектрического слоя, распределенного симметрично вдоль оси симметрии балки. Пьезоэлектрические слои выполнены с треугольной и прямоугольной формой электродных обкладок, которая влияет на характер механических нагрузок при приложении электрического напряжения. Электродные обкладки представляют собой тонкие слои, реализованные из никеля или серебра толщиной несколько микрон и расположенные по нормали к оси поляризации, то есть вдоль длины пьезокерамической пластины. Управление пьезоэлектрическими слоями осуществляется изменением разности потенциалов между электродными обкладками; пьезоэлектрический материал, не покрытый электродной обкладкой с обеих сторон, бесполезно использовать как активный материал. Математические модели воздействия пьезоэлектрических элементов на рассматриваемую консольную балку выводятся из принципа Гамильтона. Парето-эффективность гашения колебаний пьезоэлектрическими пластинами с различными электродными формами оценивается относительно двух критериев: уровня управляющего напряжения и величины максимального прогиба балки. Для сравнения результатов с наилучшим вариантом гашения колебаний в данной постановке приводится результат гашения колебаний для балки с приложенным по всей длине пьезоэлектрическим слоем. Эффективность методики подтверждается на прикладном частном примере с помощью виброграмм. Синтез оптимальных по Парето управлений осуществлен на основе свертки Гермейера, а поиск оптимальной обратной связи основывается на применении теории линейных матричных неравенств и эффективных алгоритмов их решения.

См. также [22.02-01.46](#), [22.02-01.63](#), [22.02-01.65](#), [22.02-01.66](#), [22.02-01.67](#), [22.02-01.89](#), [22.02-01.115](#), [22.02-01.202](#)

Поглотители слабых и интенсивных акустических волн

22.02-01.206 Экспериментальные исследования эффективности мероприятий снижения шума на участках обкатки двигателей. *Фролов В.Э. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 6, с. 303-307. Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований виброакустических характеристик двигателей внутреннего сгорания, создаваемых ими на участках обкатки машиностроительных предприятий после выполнения мероприятий по снижению шума на рабочих местах операторов.

22.02-01.207 Акустический анализ параметров звукопоглощающих конструкций. *Дударев А.С. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2022, № 1, с. 156-164. Рус.

В соответствии с актуальными экологическими требованиями стандарта ИКАО приводится анализ звукопоглощающих конструкций авиационных двигателей. Проведены расчеты конструктивных характеристик элементов звукопоглощающих конструкций, содержащих резонаторы Гельмгольца для определения частот спектра гашения шума. Предложена методика позволяет назначить конструктивные параметры звукопоглощающих конструкций, а именно длины горловины, площадь сечения горловины, объема резонатора в соответствии с требуемыми частотами поглощения звука для высокочастотной и низкочастотной областей. Показано, что влияние объема полости резонатора превалирует над влиянием площади сечения горловины при относительно больших (свыше 3 мм) длинах горловины.

См. также [22.02-01.52](#), [22.02-01.53](#), [22.02-01.98](#)

Шумоизоляция

22.02-01.208 Методы расчета звукоизоляции многослойных конструкций (Методы розрахунку звукоізоляції багатосарових конструкцій). *Bida D.V.,*

Pushchynkova T.P., Zaiets V.P. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.") 2020. 25, № 2, с. 50-56. Рус.

Розглянуто сучасні методи розрахунку звукоізоляції багатопарових неоднорідних конструкцій, які широко застосовуються в сучасному будівництві. Були проведені розрахунки подібних конструкцій, використано сучасне програмне забезпечення та алгоритм наданий у Державних нормах будівництва. Після аналізу виявлені недоліки та неточності обох вищевказаних методів і розроблено методологію розрахунку звукоізоляції конструкцій, засновану на теоретичних методах вітчизняних Державних стандартів будівництва, новозеландському програмному забезпеченні INSUL та практичних результатах експериментів. Проведено порівняльний аналіз цих методик.

См. также 22.02-01.206, 22.02-01.207

Активные методы подавления шума

22.02-01.209 Исследование эффективности электро-механической системы активной виброзащиты автомобиля с различными регуляторами. *Рандин Д.Г., Тулунов П.В. Известия МГТУ "МАМИ". 2020, № 1, с. 88-06. Рус.*

Рассмотрена одномассовая система виброзащиты с исполнительным электро-механическим устройством. Представлена актуальность проводимого направления исследований и современное состояние его изученности. Обосновано, что в сравнении с управляемыми элементами вязкого сопротивления управляемые элементы жесткости обеспечивают лучшее качество виброзащиты. Подчеркнута перспективность в применении управляемых электро-механических элементов жесткости. В настоящей работе рассмотрен исполнительный механизм в виде линейного двигателя постоянного тока. Приведены примеры использования активных систем виброзащиты с линейными электрическими машинами. В частности, представлен пример использования в качестве подвески транспортного средства. Указаны преимущества и наиболее существенные недостатки таких подвесок, сдерживающие их массовое внедрение. Представлена расчетная схема одномассовой колебательной системы с параллельной установкой элемента вязкого трения и элемента жесткости. Обосновано, что с учетом принятых допущений представленная схема эквивалентна подвескам транспортных средств. Предложено, что в качестве управляемого элемента вязкого сопротивления использовать магнитореологический демпфер колебаний. Приведен анализ состояния вопроса систем активной виброзащиты с магнитореологическими демпферами колебаний. Разработана структура замкнутой по виброускорению защищаемого объекта системы виброзащиты и представлены математические модели ее функционально необходимых элементов: датчика колебаний, системы виброзащиты по каналу возмущения и управления, линейного электродвигателя постоянного тока. Предложена методика синтеза корректирующего устройства, обеспечивающего желаемые резонансные свойства замкнутой системы. Представлены результаты имитационного моделирования системы активной виброзащиты с регулятором, синтезированным по предложенной методике, и регулятором, структура которого получена в предыдущих работах автора. На основании полученных результатов сделаны выводы по полученным в статье материалам и сформулированы рекомендации по использованию регуляторов.

22.02-01.210 Исследование эффективности электро-механической системы активной виброзащиты автомобиля с различными регуляторами. *Рандин Д.Г., Тулунов П.В. Известия МГТУ "МАМИ". 2020, № 2, с. 24-32. Рус.*

Рассмотрена одномассовая система виброзащиты с исполнительным электро-механическим устройством. Представлена актуальность проводимого направления исследований и современное состояние его изученности. Обосновано, что в сравнении

с управляемыми элементами вязкого сопротивления управляемые элементы жесткости обеспечивают лучшее качество виброзащиты. Подчеркнута перспективность в применении управляемых электро-механических элементов жесткости. В настоящей работе рассмотрен исполнительный механизм в виде линейного двигателя постоянного тока. Приведены примеры использования активных систем виброзащиты с линейными электрическими машинами. В частности, представлен пример использования в качестве подвески транспортного средства. Указаны преимущества и наиболее существенные недостатки таких подвесок, сдерживающие их массовое внедрение. Представлена расчетная схема одномассовой колебательной системы с параллельной установкой элемента вязкого трения и элемента жесткости. Обосновано, что с учетом принятых допущений представленная схема эквивалентна подвескам транспортных средств. Предложено, в качестве управляемого элемента вязкого сопротивления использовать магнитореологический демпфер колебаний. Приведен анализ состояния вопроса систем активной виброзащиты с магнитореологическими демпферами колебаний. Разработана структура замкнутой по виброускорению защищаемого объекта системы виброзащиты и представлены математические модели ее функционально необходимых элементов: датчика колебаний, системы виброзащиты по каналу возмущения и управления, линейного электродвигателя постоянного тока. Предложена методика синтеза корректирующего устройства, обеспечивающего желаемые резонансные свойства замкнутой системы. Представлены результаты имитационного моделирования системы активной виброзащиты с регулятором, синтезированным по предложенной методике и регулятором, структура которого получена в предыдущих работах автора. На основании полученных результатов сделаны выводы по полученным в статье материалам и сформулированы рекомендации по использованию регуляторов.

22.02-01.211 Вибронагруженность рабочего места оператора и виброзащитные свойства подвесок сидений. *Годжаев З.А., Ляшенко М.В., Шеховцов В.В., Потапов П.В., Искалиев А.И. Известия МГТУ "МАМИ". 2021, № 1, с. 2-11. Рус.*

Осуществлен анализ характера и параметров основных эксплуатационных возмущений, энергия которых прямым или косвенным образом передается на рабочее место оператора тракторной техники с гусеничным или колесным движителем при выполнении различных технологических операций, на основе данных экспериментальных исследований. Рассмотрен основной рабочий диапазон частот данных эксплуатационных возмущений. Дана оценка вклада каждой частотной составляющей в общий уровень вибровоздействий на рабочем месте оператора. На примере использования результатов натурных измерений реальных эксплуатационных возмущений и вибрационных характеристик на колесном тракторе К-744Р1(ст.), работавшем в агрегате с плоскорезом ПГ-3-5 в режиме вспашки стерни с постоянной скоростью движения, проведено сравнительное исследование виброзащитных свойств различных по конструкции подвесок сидений. Описана методика натурных измерений, включая используемое специализированное оборудование фирм «ZETLAB» и «Ассистент», режим, схему установки датчика и иные условия. С помощью численного метода Рунге-Кутты и инструментов математического моделирования в программной среде Simulink MatLab была имитирована работа серийной подвески сиденья трактора К-744Р1(ст.), пневматической подвески сиденья фирмы «Sibeco» с ножничным направляющим механизмом и предлагаемой авторами инновационной пневматической подвески сиденья (на базе «Sibeco») с управляемым отбором энергии колебаний и с последующей её рекуперацией. Получены расчетные осциллограммы и спектры вертикальных ускорений на подушке сиденья, поддресорного при помощи каждой из рассмотренных подвесок, при входном воздействии измеренных реальных эксплуатационных возмущений. Подведены итоги анализа результатов исследования.

Акустика помещений; Музыкальная акустика

Общие вопросы архитектурной акустики

22.02-01.212 Особенности акустического проектирования вокального бокса студии звукозаписи. *Сватеева А.А., Стрельцов С.В. Современные прикладные исследования. Материалы Национальной российской конференции. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. Шахты, 19–21 апреля 2017 г.* Шахты: Южно-Российский государственный политехнический университет. 2016, с. 181-185. Рус.

Рассмотрены вопросы акустического проектирования вокальных тон-комнат. Даны рекомендации по проектированию, планировке, звукоизоляции и акустической отделке вокальных боксов, сделаны выводы о целесообразности создания вокальных комнат и возникающих в процессе проектирования проблемах.

Общие вопросы строительной акустики

См. **22.02-01.65**

Общие вопросы музыкальной акустики

22.02-01.213 Оценка качества музыкальных сигналов, ограниченных по полосе частот (Оцінювання яко-

сті музичних сигналів, обмежених за смугою частот). *Yurakov M.P., Kotvytskyi I.V., Prodeus A.M. Микросистеми, Електроніка і Акустика (с июня 2017 года правопре-емник, основанного в марте 1995 года журнала "Електроніка і Связь укр.)* 2018. 23, № 4, с. 58-64. Рус.

Представлено результати оцінювання, із застосуванням об'єктивних та суб'єктивних мір, якості музичних сигналів. Суб'єктивне оцінювання здійснювалося 23 слухачами середнім віком 22 роки, без вад слуху. Для об'єктивного оцінювання використано 4 міри якості, серед яких сегментне відношення сигнал-шум, лог-спектральні спотворення, барк-спектральні спотворення, а також міра "perceptual evaluation of audio quality", яка спеціально призначена для оцінювання якості музичних сигналів. Підтверджено справедливість результатів попередніх досліджень, де вказано, що смуга частот 12–14 кГц є достатньою для того, щоб музичний сигнал вважався таким, що практично не відрізняється від еталонного сигналу. Продемонстровано важливість врахування особливостей окремих об'єктивних мір якості, а також необхідність достатньо великого об'єму різноманітного музичного матеріалу для одержання достовірних оцінок якості музичних сигналів. Побудовано карти відповідності між суб'єктивною та об'єктивними мірами якості, що дозволяє калібрувати системи об'єктивного оцінювання якості музичних сигналів.

См. также **22.02-01.212**

Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

Компьютерная обработка результатов эксперимента

22.02-01.214 Построение, модели и обработка сигналов в каналах ультразвукового панорамного датчика параметров вектора воздушной скорости летательного аппарата. *Мифтазов Б.И., Солдаткин В.В., Солдаткин В.М. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 10, с. 243-249. Рус.

Рассмотрены особенности измерения величины (модуля) и углового положения вектора воздушной скорости летательного аппарата (ЛА) традиционными средствами, реализующими аэродинамический и флюгерный методы, ограничения их использования на малоразмерных ЛА. Приведена функциональная схема оригинального ультразвукового панорамного датчика параметров вектора воздушной скорости ЛА с одним неподвижным приемником набегающего воздушного потока. Рассмотрена методика формирования и аналитические модели обработки информативных сигналов и определения аэродинамического угла и истинной воздушной скорости ЛА с использованием частотных, время-импульсных и фазовых информативных сигналов в ультразвуковых измерительных каналах датчика. Приведены конкурентные преимущества ультразвукового панорамного датчика параметров вектора воздушной скорости и перспективность его применения на малоразмерных ЛА различного класса.

22.02-01.215 Применение СНС в вибродиагностике по спектрограммам и вейвлет-скалограммам сигнала. *Яблоков А.Е., Жила Т.М. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 12, с. 452-456. Рус.

С целью повышения эффективности методов вибрационного диагностирования механических передач рассмотрен вопрос применения новых методов обработки вибросигнала - оконного преобразования Фурье и вейвлет-преобразования. Результатами преобразований являются изображения изменений амплитудно-частотных характеристик сигнала во времени, что повышает эффективность анализа периодических процессов,

связанных с ударами в механизмах. Однако такие изображения трудно формализовать для использования в диагностических целях. В статье приводятся результаты исследований по использованию сверточных нейронных сетей в задаче классификации технического состояния зубчатой передачи по спектрограммам и вейвлет-скалограммам вибросигнала. Исследования проведены на экспериментальной установке в МГУПП для восьми различных состояний зубчатой передачи. Обработка результатов измерений и оптимизация архитектуры СНС выполнены в программе Matlab. Исследования на тестовых выборках показали достоверность классификации одного из восьми состояний по спектрограммам на уровне 86,35%, а по вейвлет-скалограммам — 95,47%.

22.02-01.216 Обобщение стандартного алгоритма "бимформинг" для идентификации акустических источников с помощью несинхронных измерений микрофонной решеткой. *Демьянов М.А., Бычков О.П. Акустический журнал.* 2022, № 2, с. 162-172. Рус.

Произведено обобщение стандартного алгоритма Conventional Beamforming, позволяющее взаимно учитывать данные последовательных измерений одной микрофонной решеткой, располагаемой в различных положениях по отношению к области генерации звука. В случае отсутствия непосредственной возможности применения микрофонных решеток необходимой геометрии в системе синхронного измерения, обобщенный алгоритм позволяет заменить измерение решеткой сложной конфигурации набором измерений одной микрофонной решеткой, последовательно помещаемой в различных положениях. Верификация и валидация модифицированного метода производится при помощи численного моделирования, а также при помощи результатов проведенных экспериментов в акустической заглушенной камере АК-2 ЦАГИ, где в качестве источников шума использовались акустические динамики.

См. также **22.02-01.126**

Обработка акустических изображений

См. **22.02-01.78**

Акустика живых систем; Биологическая акустика

Действие акустических колебаний на биологические среды и живые организмы

22.02-01.217 Влияние наушников на слух человека. *Румянцев С.Н. Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. Караваев, 23 января 2020 года. Сборник статей 71-й международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Том 2. Караваев: Костромская государственная сельскохозяйственная академия. 2020, с. 172-177. Рус.*

Описаны возможности уха человека при воздействии на него звука, а также результаты исследования воздействия звука, исходящего из вставных наушников, на органы слуха человека. В качестве источников звука использовалась музыка различных жанров. Установлено, что при длительном использовании наушников, работающих на полную громкость, человек может получить заболевание органов слуха. В статье даны рекомендации по использованию вставных наушников.

22.02-01.218 Теоретические предпосылки использования ультразвуковых волн для контроля и управления состоянием зернового слоя. *Волгонов Р.М. Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. Караваев, 23 января 2020 года. Сборник статей 71-й международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Том 2. Караваев: Костромская государственная сельскохозяйственная академия. 2020, с. 220-224. Рус.*

Представлена методика расчета необходимого количества ультразвуковых дальномеров. Рассмотрены возможные варианты движения ультразвуковой волны в зерновом слое.

22.02-01.219 Окислительный гомеостаз прорастающих семян пшеницы в зависимости от продолжительности ультразвукового воздействия. *Тарасов С.С., Веселов А.П. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естеств. н. 2021, № 3, с. 13-26. Рус.*

Актуальность и цели. Ультразвук активно используется для воздействия на живые организмы, однако его физиологическое действие остается не до конца исследованным. В связи со способностью ультразвуковой волны генерировать в водной среде активные формы кислорода особое внимание, с нашей точки зрения, стоит уделить окислительному гомеостазу и первичному протеолизу запасного питательного вещества у прорастающих семян. В качестве основного показателя стоит выделить окислительную модификацию белков (ОМБ), так как именно они являются основными ловушками биорадикалов, но при этом их оборот в растительных тканях остается не исследованным. Целью работы явилось изучение влияния разного времени ультразвукового воздействия на уровень ОМБ, перекисного окисления липидов (ПОЛ), активности цистеиновой протеиназы и экспрессии ее гена (СР) в прорастающих семенах пшеницы. Материалы и методы. В качестве объекта исследования использовали семена пшеницы (*Triticum aestivum* L.), сорта «Экада — 70» 2018 г. сбора. Семена помещали в водную среду ультразвуковой ванны «УНИТРА — УНИМА» УМ — 4. Обработку проводили в течение 5, 10 и 20 мин, контролем служили семена, замоченные, но не обработанные ультразвуком. По окончании в семенах определяли уровень ПОЛ путем определения концентрации малонового диальдегида (МДА), ОМБ регистрации 2,4 — денитрофенилгидразонов (2,4 — ДНФГ), активности цистеиновой протеиназы и экспрессии гена (СР). Результаты. Эксперименты выявили зависимость исследуемых показателей от времени ультразвукового воздействия. Показано увеличение содержания МДА в прорастающих семенах пшеницы после ультразвукового воздействия. Содержание 2,4 — ДНФГ имело волнообразную динамику, статистически значимо не изменялось в прорастающих семенах, подверженных ультразвуковому воздействию в течение 5 мин, увеличивалось в образцах, на которые воздействовали ультразвуком в течение 10 мин, и снижалось в семенах, обработанных ультразвуком в течение 20 мин. Активность исследуемой протеиназы была выше в образцах после пятиминутной ультразвуковой обработки и ниже контрольных значений в семенах после 20 мин действия ультразвуком. Экспрессия гена (СР) была выше в прорастающих семенах, подверженных пяти- и десятиминутной ультразвуковой обработке, с последующим падением ниже контроля.

Выводы. Установлено усиление процессов ПОЛ, волнообразная динамика ОМБ и первичная активация протеолиза с последующим ингибированием в прорастающих семенах пшеницы после ультразвукового воздействия, гомеостаз белков более толерантен к действию АФК по сравнению с липидами.

22.02-01.220 Влияние ультразвука разной интенсивности на антиоксидантный статус проростков чечевицы в условиях гипотермии. *Макеева И.Ю., Пузина Т.И., Болгова А.О. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естеств. н. 2021, № 4, с. 14-23. Рус.*

Актуальность и цели. Изучение влияния ультразвука на растительные организмы является перспективным направлением в биофизических и физиолого-биохимических исследованиях. В основном исследования касаются предпосевной обработки семян для улучшения их прорастания. Лишь в некоторых работах рассматривается влияние ультразвука на активность антиоксидантных ферментов. Не найдены сведения о влиянии ультразвука на растительный организм в стрессовых условиях. Целью работы было изучение влияния ультразвука разной интенсивности на работу ферментов антиоксидантной системы, активность реакций перекисного окисления липидов в оптимальных температурных условиях и при действии гипотермии (+3°C). Материалы и методы. Объектом исследования были 14-дневные проростки чечевицы сорта Рауза. Варианты опыта включали воздействие ультразвуком разной интенсивности, 0,4 и 1 Вт/см², с помощью ультразвукового излучателя УЗТ-10.1Ф. Гипотермию создавали, помещая проростки в низкотемпературный шкаф на 1 ч при температуре +3°C. Активность супероксиддисмутазы определяли по реакции восстановления нитросинего тетразолия, запускаемой рибофлавином; активность пероксидазы — по времени образования синей окраски в результате окисления бензидина; активность каталазы — спектрофотометрическим методом; содержание малонового диальдегида — по цветной реакции с тиобарбитуровой кислотой при нагревании. Определение содержания ауксинов проводили методом биологической пробы и выражали в мкг-экв ИУК/г сухой массы. Результаты. В оптимальных температурных условиях отмечено существенное повышение активности супероксиддисмутазы вне зависимости от интенсивности ультразвука. В условиях действия стрессора большая активность фермента выявлена при действии ультразвука малой интенсивности. Данная интенсивность в оптимальных условиях в большей степени повысила активность каталазы и пероксидазы по сравнению с высокой. В условиях гипотермии ультразвук интенсивностью 0,4 Вт/см² стимулировал работу каталазы и пероксидазы, но в меньшей степени, чем в оптимальных условиях. Активизация работы изученных ферментов под действием ультразвука наблюдалась на фоне увеличения содержания эндогенных ауксинов. В условиях действия стрессора выявлено значительное торможение реакций перекисного окисления липидов под влиянием ультразвука. Изученные уровни интенсивности ультразвука не оказали воздействия на массу надземных органов проростков чечевицы, но способствовали росту корневой системы. Выводы. Выявлена активизация антиоксидантных ферментов супероксиддисмутазы, каталазы и пероксидазы в оптимальных условиях под влиянием ультразвука малой и высокой интенсивности на фоне возрастания содержания фитогормонов ауксинов. В условиях гипотермии отмечено существенное увеличение активности супероксиддисмутазы и каталазы под действием ультразвука. Обработка ультразвуком сдерживала реакции перекисного окисления липидов. Снижение накопления малонового диальдегида в большей степени проявилось в стрессовых условиях. Показана положительная роль ультразвука на рост корневой системы и отсутствие эффекта на массу надземных органов.

22.02-01.221 Диагностика упругих свойств сосудистой стенки и скорости кровотока акустическими методами. *Виколова Т.С., Диденкулов И.Н., Прончатова-Рубцов Н.В., Сахаров Д.В. Проблемы прочности и пластичности. 2021. 83, № 4, с. 379-390. Рус.*

Жесткость сосудистой стенки и скорость кровотока являются важнейшими характеристиками сосудистой системы, которые во многом определяют состояние здоровья организма. Для измерения скорости кровотока широкого распространение полу-

чил спектральный доплеровский метод, позволяющий определять скорость движения крови в сосуде, в том числе по форме доплеровского спектра — распределение скорости в сечении крупных сосудов. Однако рассеивающие ультразвук частицы крови — эритроциты — сильно деформируются в потоке и неравномерно распределяются по сечению сосуда. Более точную информацию о распределении скорости по сечению может дать нелинейный доплеровский метод, использующий в качестве рассеивателей микропузырьки — контрастные агенты. Метод основан на генерировании микропузырьками волны разностной частоты при облучении их двумя высокочастотными волнами, имеющими разные, но близкие частоты. Представлены теоретические и экспериментальные результаты, демонстрирующие возможности и преимущества нелинейного акустического метода разностной частоты для измерения параметров кровотока. Метод дает возможность анализировать пространственно-временную динамику потока крови в кровеносных сосудах за время сердечного цикла: сокращение (систола) — расслабление (диастола), что позволяет выявлять нарушения в кровяном русле. Проанализированы возможности определения упругости стенки кровеносных сосудов. Используемый на практике метод основан на измерении скорости пульсовой волны и нахождении модуля Юнга стенки сосуда по формуле Моенса—Кортевега. Для оценки жесткости стенки кровеносных сосудов предложено объединить нелинейный акустический метод измерения распределения скорости кровотока и сканирование сосуда в течение сердечного цикла на основе единого комплекта ультразвуковых преобразователей. Рассмотренные методы позволяют проводить комплексную диагностику состояния различных сосудов и сосудистой системы в целом.

22.02-01.222 Исследование возможности применения отоакустической эмиссии для регистрации медикаментозного воздействия на слуховой канал морских свинок (Дослідження можливості застосування отоакустичної емісії для реєстрації медикаментозного впливу на слуховий канал морських свинок). *Parenjuk D.V., Rudenka K.L., Didkovskiy V.S., Naida S.A., Timen H.E.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 4, с. 74-81. Рус.

В данной работе рассмотрено возможность застосування отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення для оцінки направленного влияния на слуховой орган биологического объекта. В якості піддослідних об'єктів були використані морські свинки, будова слухового органу яких близька до людського. Для отримання ефекту направленного влияния на слуховой канал була проведена експозиція піддослідних зразків до отоактивних медичних препаратів. Було встановлено можливість отримання результатів оцінки стану слухового каналу шляхом застосування отоакустичної емісії з наступною обробкою її результатів за допомогою t-критерію Стьюдента. У роботі представлені результати оцінки для двох великих груп експериментів та проведено їх статистичний аналіз.

22.02-01.223 Возможности моделирования воздушного канала слуховой системы (Можливості моделювання повітряного каналу слухової системи). *Morozko P.V., Zamsha K.S., Luniova S.A.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 4, с. 82-87. Рус.

Проаналізована можливість застосування низькочастотних спрощень при моделюванні зовнішнього слухового каналу. Уточнений частотний діапазон достовірності представлення розподілених параметрів середовища з зосередженими елементами у вигляді маси та гнучкості повітря, замкненого в об'ємі каналу. Метод дослідження базується на розрахунку частотної залежності вхідного опору слухового каналу при застосуванні моделювання його у вигляді чотириполюсника. Метод чотириполюсника поєднує в собі як метод електроакустичних аналогій, так і теорію чотириполюсника.

22.02-01.224 Определение резонансных частот слуховой системы человека с помощью объективных методов исследования слуха (Визначення резонансных частот слуховой системы людини за до-

помогою об'єктивних методів дослідження слуху). *Damarad A.V., Naida S.A.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2019. 24, № 1, с. 72-78. Рус.

Сучасні методи дослідження дозволяють діагностувати розвиток деяких захворювань або порушення органів слуху. Для дослідження такого важливого діагностичного параметру, як резонансна частота слухової системи людини, була обрана електромеханічна модель середнього вуха та визначено основні її параметри, а саме: гнучкість барабанної перетинки та барабанної порожнини, акустичний імпеданс повітря в барабанній порожнині та слуховій трубці, резонансні частоти коливальної системи середнього вуха, маса слухових кісточок. Для експериментального визначення резонансних частот середнього вуха людини використано методи акустичної імпедансометрії та отоакустичної емісії, які є основними методами дослідження стану слухової системи людини та дозволяють детально оцінити суть патологічних процесів.

22.02-01.225 Исследование возможности использования критерия Соколова для оценки результатов направленного воздействия на слуховую систему биологического объекта (Дослідження можливості використання критерію Соколова для оцінки результатів направленного влияния на слуховую систему біологічного об'єкту). *Parenjuk D.V., Naida S.A.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2019. 24, № 3, с. 72-78. Рус.

Від одного до трьох відсотків новонароджених та немовлят набувають патологію слуху до, під час, або після народження. Під час проведення аудіологічного скринінгу слуху новонароджених підтверджується або не підтверджується нормальний стан слухового каналу. Аудіологічний скринінг слуху новонароджених є обстеженням, при якому автоматизованим методом підтверджується або не підтверджується нормальна функція органу слуху. Серед важливих переваг отоакустичної емісії є те, що цей метод є об'єктивним, тобто мінімізує можливість помилки, що викликана людським фактором, а також може застосовуватись вже з перших днів життя, що дає методу значну перевагу над суб'єктивними методами, що вимагають активної кооперації пацієнта. Одним із сучасних методів аудіологічного дослідження стану слуху є метод, що оцінює отоакустичну емісію на частоті продукту спотворення, що продукується завиткою внутрішнього вуха спонтанно або в якості відклику на акустичний вплив. Піддослідними об'єктами виступали морські свинки. Вони були використані через те, їх слуховий тракт має лише незначні відмінності від людського. У роботі розглянуто комплекс результатів дослідження слуху морських свинок при використанні отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення. Кожен розглянутий випадок являє собою сукупність результатів дослідження кожного з вух для восьми морських свинок по 6 частотам — 2 кГц, 4 кГц, 6 кГц, 8 кГц, 10 кГц, 12 кГц, загалом 96 результатів на дослід. Чисельні результати дослідів оцінювались наступним чином — для кожної із використовуваних частотних груп було встановлено середнє значення амплітуди, а після визначення відхилення було виявлено довірчий інтервал для кожного із дослідів. Після цього кожна із частотних груп піддавалась корекції критерієм Соколова, що спричиняє зміну середнього значення та довірчого інтервалу досліді. Далі проводилось порівняння результатів до та після корекції з метою виявлення характеру впливу критерію на результат досліджень. Обробка результатів велась наступним чином — у вихідному масиві даних експерименту перед подальшою їх обробкою проводилось нормування згідно критерію. При цьому ті випадки, коли значення рівня звукового тиску було нижче критичного, піддавались редагуванню, що полягало у прирівнянні їх значень до значень критерію. Після цього проводився обрахунок середнього значення та довірчого інтервалу для відредагованих даних. У даній роботі було перевірено можливість обробки результатів дослідження стану слухового каналу людини при проведенні аудіологічного скринінгу за використанням отоакустичної емісії на частоті продукту спотворення япри застосуванні критерію Соколова, зокрема для корекції вхідних

масивів даних. Результати дослідження, представлені в даній статті, показують швидке зростання середньої величини і зниження довірчого інтервалу спостережуваних тестових груп. Значене падіння значення довірчого інтервалу показує зростання точності отриманих середніх значень частотних діапазонів.

22.02-01.226 Развитие методов моделирования наружного и среднего уха человека (Развиток методів моделювання зовнішнього та середнього вуха людини). *Harasiuk A.O., Didkovskiy V.S.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2019. 24, № 6, с. 60-64. Рус.

Розглядаються основні підходи моделювання роботи зовнішнього та середнього вуха людини. На основі результатів експериментів професора Борисенка О.М. змодельовано зовнішнє і середнє вухо людини за допомогою методу електромеханічних аналогій. У роботі запропоновано розширену модель слухової системи з використанням якої знайдено парціальні частоти елементів, які входять до складу зовнішнього та середнього вуха людини.

22.02-01.227 Аппаратно-програмный комплекс «Искусственная голова». Часть 1. Корректировка частотной характеристики тракта (Апаратно-програмний комплекс «Штучна голова». Частина 1. Коригування частотної характеристики тракту). *Dvornyk O.O., Motorniuk D.I., Didkovska M.V., Prodeus A.M.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2020. 25, № 1, с. 56-64. Рус.

Розроблено технологію коригування частотної характеристики вимірювального тракту апаратно-програмного комплексу «Штучна голова», призначеного для акустичної експертизи приміщень. Показано, що таке коригування може бути виконано шляхом контрольованого ділення частотної характеристики системи «гучномовець—приміщення-мікрофон» на попередньо отриману оцінку амплітудної частотної характеристики підсистеми «гучномовець—мікрофон». Виконано аналіз характеру та ступеня впливу такого коригування на точність оцінювання імпульсної характеристики приміщення. Показано необхідність застосування методу регуляризації для досягнення задовільної точності обчислень, вказано можливий варіант регуляризуючого множника та значення параметра регуляризації.

22.02-01.228 Аппаратно-програмный комплекс «Искусственная голова». Часть 2. Оценивание разборчивости в аудиториях (Апаратно-програмний комплекс «Штучна голова». Частина 2 Оцінювання розбірливості мовив аудиторіях). *Дворник О.О., Моторнюк Д.Е., Дідковська М.В., Продус А.М.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2020. 25, № 3, с. 48-52. Рус.

Виконано експериментальні дослідження можливості використання розробленого апаратно-програмного комплексу «Штучна голова» для двоканального оцінювання розбірливості мови, спотвореної реверберацією. На першому етапі такого оцінювання здійснюють запис відгуку приміщення на тестовий сигнал у вигляді mls-послідовності. На другому етапі оцінюють імпульсну характеристику приміщення шляхом обчислення взаємно-кореляційної функції відгуку із тестовим сигналом. На третьому етапі розраховують модуляційні коефіцієнти за формулою Шредера, використовуючи оцінку імпульсної характеристики приміщення. На четвертому, останньому етапі, оцінюють розбірливість мови модуляційним або формантно-модуляційним методом. Результати проведених досліджень узгоджуються із результатами попередніх досліджень, де показано, що розбірливість мови в середині приміщення може бути меншою за таку біля стінки приміщення.

22.02-01.229 Исследование совокупного влияния стрессового фактора и музыкального сигнала на психофизическое состояние человека (Дослідження сукупного впливу стрессового фактору та музичного сигналу на психофізичний стан людини). *Паренюк А.В., Паренюк Д.В., Дрозденко К.С., Найда С.А.* *Микросистемы,*

Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2021. 26, № 1, с. 228179-1-228179-9. Рус.

Стаття присвячена дослідженню психофізичного стану людини під час сумарного впливу розтягнутого у часі стресового фактору та направлено акустичного впливу, що являє собою музичний сигнал низької частоти. Оскільки наявність дельта-хвиль в електроенцефалограмі відносно здорової людини в стані неспання може свідчити про перебування її в стані стресу, метою роботи є аналіз зміни вкладу дельта-хвиль головного мозку у його сумарну електричну активність під час прослуховування низькочастотного акустичного сигналу до та під час впливу стресогенного фактору. В статті використано спектральний аналіз відфільтрованих результатів запису нативної електроенцефалограми для отримання ритмів головного мозку. Показано, що під впливом значного навчального навантаження на зареєстрованій електроенцефалограмі зростає відсотковий вклад дельта-хвиль у сумарну потужність, що говорить про збільшення психоемоційної напруженості. Для статистичного аналізу співвідношень між тестовими підгрупами використовувався непараметричний критерій Уїлкоксона. На підставі збільшення вкладу дельта-ритму у загальну потужність енцефалограми в межах порівняльних груп у діапазоні від 7,11 до 10,79 відсоткових пунктів обґрунтована переважна роль впливу розтягнутого у часі стресового фактору у формуванні психофізичного стану людини. За отриманими результатами зроблено висновок, що перебування людини в стані стресу нівелює корисний терапевтичний вплив низькочастотних музичних аудіостимулів, що був зареєстрований у вигляді зменшення відсоткового вкладу дельта-ритму у сумарну потужність отриманих сигналів в межах 2—3 відсоткових пунктів. Під час впливу суперпозиції стресових факторів та музичного сигналу було виявлено різницю менше одного відсотку.

См. также **22.02-01.200**

Распространение акустических волн в тканях и органах

22.02-01.230 Физические модели барабанной перепонки среднего уха человека (Фізичні моделі барабанної перетинки середнього вуха людини). *Naida M.S., Didkovskiy V.S., Naida S.A.* *Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 6, с. 66-73. Рус.

Розглянуті різні моделі середнього вуха людини, які можуть допомогти оцінити його стан до і після тимпанопластики. Зокрема, в якості моделей барабанної перетинки запропоновано круглу, прямокутну та викривлену мембрану. Особливо проаналізована мембрана Шрапнеля та її роль при хірургічному відновленні барабанної перетинки. В якості моделі усього середнього вуха обрано модель на основі електроакустичних аналогій. Вона дозволила отримати кількісні показники стану слухової системи людини: параметр норми середнього вуха і коефіцієнт підсилення звукового тиску слуховими кісточками, — і дати рекомендації щодо підбору матеріалів для тимпанопластики та оцінки успішності її проведення.

22.02-01.231 Подход к обнаружению аберраций при транскраниальной ультразвуковой визуализации. *Леонцов Д.В., Кульберг Н.С., Яковлева Т.В., Соловьёва П.Д.* *Акустический журнал.* 2022, № 2, с. 204-217. Рус.

При работе систем ультразвуковой медицинской диагностики присутствие черепных костей на пути распространения ультразвука серьезно осложняет визуализацию тканей и сосудов мозга, поскольку кости искажают ультразвуковое поле, внося в него фазовые и амплитудные аберрации. Такие искажения не всегда очевидны, поскольку полная информация об исследуемом объекте принципиально недоступна. В статье развивается новый подход к обнаружению аберраций волнового фронта, основанный на методе синтезированной апертуры. Предложен количественный параметр, характеризующий присутствие аберраций и основанный на измерении среднеквадратичной ширины углового распределения интенсивности. Приведены экспе-

риментальные результаты на частоте 2 МГц, полученные с использованием фантома и при транскраниальном исследовании *in vivo*. Показано, что в присутствии аберраций величина предположенного параметра возрастает по отношению к теоретическому значению для случая без аберраций на 22—45%.

См. также 22.02-01.224, 22.02-01.225, 22.02-01.226

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

См. 22.02-01.58, 22.02-01.153, 22.02-01.154, 22.02-01.155, 22.02-01.218

Речеобразование и восприятие речи

22.02-01.232 Пространственное разделение информации в самолетном переговорном устройстве. *Носуленико В.Н., Басюл И.А., Зыбин Е.Ю., Леликов М.А. Изв. ЮФУ. Техн. н.* 2021, № 7, с. 109-119. Рус.

Представлены некоторые результаты исследований, направленных на разработку человеко-машинных интерфейсов, учитывающих мультимодальный характер человеческого восприятия, для использования в бортовом оборудовании воздушного судна. В частности, речь идет о возможности более широкого применения звуковых каналов для ввода и вывода информации. Преимущества звуковых интерфейсов по отношению к зрительным и тактильным заключаются, прежде всего, в отсутствии необходимости направленного внимания пилота, в возможности создавать слуховые объекты в трехмерном пространстве и указывать направление на несколько разных объектов одновременно. В экспериментах были протестированы возможности пространственного разделения речевых информационных потоков в самолетном переговорном устройстве в ситуациях, когда уровень помехи существенно превышает уровень целевого речевого сообщения. Оценивались показатели распознавания целевого сообщения на фоне двух типов звуковой помехи: звук другого речевого сообщения и шум авиационного двигателя. Результаты показали, что пространственное разделение звуковых сообщений существенно повышает способность оператора распознавать их содержание, независимо от типа помехи. Максимальное количество ошибок при распознавании целевого сообщения соответствует его пространственному положению в том же направлении, что и звук помехи. При этом, распознавание сообщений значимо лучше, если оно произнесено женским голосом. Обнаружен также факт пространственной асимметрии правильных распознаваний: сообщения, поступающие справа, распознаются лучше, чем в случаях их поступления слева. Практическая значимость исследования касается возможности создания переговорных устройств с повышенной защищенностью от конфликтов между разными информационными потоками, а также от воздействия внешних акустических шумов. Перспектива видится в использовании трехмерных звуковых интерфейсов не только в составе переговорного устройства, но и для систем навигации и управления самолета, а также контроля его состояния. Звуковой интерфейс; слуховое восприятие; пространственный звук; речевое сообщение; самолетное переговорное устройство.

22.02-01.233 Субъективная оценка качества и разборчивости речевых сигналов, искаженных синтезированными шумами (Суб'єктивне оцінювання якості та розбірливості мовних сигналів, спотворених синтезованими шумами). *Prodeus A.M., Vityk A.V., Didenko D.Y. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопре- емник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2017. 22, № 6, с. 56-63. Рус.

В работе наведено результаты оцінювання впливу стаціонарних та нестаціонарних синтезованих шумів на якість та розбірливість мовних сигналів. Для випадку стаціонарних шумів показано, що при малих відношеннях сигнал-шум білий шум поступається за маскувальною здатністю рожевому й коричневому шумам. Досліджено два простих, з обчислювальної точки зору, алгоритми формування нестаціонарних шумів, що забез-

печують краще, у порівнянні з білим шумом, маскування мовних сигналів, а також менше забруднюють навколишнє середовище під час мовних пауз.

22.02-01.234 Суб'єктивна оцінка разборчивости речи на фоне шума и реверберации (Суб'єктивне оцінювання розбірливості мови на тлі шуму та реверберації). *Prodeus A.M., Vityk A.V., Dvornyk O.O., Kotvytskyi I.V., Chaika O.S., Yaroshenko M.O. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопре- емник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 2, с. 66-73. Рус.

В даній роботі представлено результати суб'єктивного оцінювання, здійснюваного шляхом артикуляційних випробувань, розбірливості односкладових звукосполучень на тлі шуму та реверберації. Оцінювання здійснювалося за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення, що дозволило автоматизувати й таким чином суттєво полегшити та пришвидшити процедуру артикуляційних випробувань. За результатами випробувань маскувальна здатність білого шуму виявилася кращою за таку для коричневого шуму при відношеннях сигнал-шум, менших за мінус 5 дБ, що не повністю узгоджується із попередніми прогнозними оцінками. Крім того, виявилось, що слухання мови, спотвореної шумом, через акустичні монітори може призводити до суттєвого підвищення (до 0,85—0,93) оцінок розбірливості мови, порівняно із випадком слухання через навушники (0,1—0,3). Аналогічні результати одержано для ревербераційної задачі: для часу реверберації 2,7 с розбірливість збільшилася із 0,65 до 0,94. Даний феномен можна в значній мірі пояснити дією ранніх відбиттів звуку в приміщеннях, наявністю двох джерел випромінювання та бінауральним прослуховуванням. Додатковими причинами можуть бути особливості психофізичного стану слухачів та розробленої автоматизованої системи артикуляційних випробувань.

22.02-01.235 Автоматизированная субъективная оценка разборчивости речи при разных способах прослушивания (Автоматизоване суб'єктивне оцінювання розбірливості мови при різних способах прослуховування). *Prodeus A.M., Bukhta K.V., Morozko P.V., Serhiienko O.V., Kotvytskyi I.V., Dvornyk O.O. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопре- емник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 3, с. 49-57. Рус.

У даній роботі представлені результати автоматизованої суб'єктивної оцінки розбірливості української мови. Односкладові звукосполучення типу «приголосний-голосний-приголосний» прослуховувалися двома способами: через навушники та через акустичні монітори. Оцінка розбірливості мови виконувалася із застосуванням спеціально розробленого програмного забезпечення, що дозволяє автоматизувати процедуру артикуляційних випробувань. Прослуховування мови виконувалося для чотирьох ситуацій: чиста мова; мова, спотворена шумом; мова, спотворена реверберацією; мова, спотворена спільною дією шуму та реверберації. Виявилось, що маскувальна здатність білого шуму перевищує таку для коричневого шуму при відношеннях сигнал-шум, менших за мінус 5 дБ, що не зовсім узгоджується з попередніми прогнозними оцінками. Крім того, виявилось, що прослуховування мови, спотвореної шумом, через акустичні монітори може привести до значного збільшення розбірливості мови в порівнянні з прослуховуванням через навушники. В якості можливих причин цього явища розглянуто ранні відбитки, наявність двох гучномовців, бінауральне прослуховування, психофізичні особливості слухачів, а також особливості програмного забезпечення та організації артикуляційних випробувань. Після корекції програмного забезпечення та процедури артикуляційних випробувань виявилось, що результати оцінки розбірливості мови практично не відрізняються для обох способів прослуховування за умови, що відстань між слухачем і акустичними моніторами не перевищує 0,6—0,8 метра. У той же час виконана корекція не відбилася на поведінці залежностей розбірливості мови від відношення сигнал-шум при малих (менших за мінус 5 дБ) значеннях відношення сигнал-шум.

22.02-01.236 Экспериментальное исследование сфокусированной ультразвуковой системы для дифферен-

циальной диагностики слуха человека (Экспериментальное исследование сфокусированной ультразвуковой системы для дифференциальной диагностики слуха людини). *Naida S.A., Liashko D.O. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2018. 23, № 3, с. 58-64. Рус.

В данной работе проведено анализ актуальности та новизни застосування п'єзоперетворювачів для неінвазивної діагностики завитки внутрішнього вуха людини за допомогою сфокусованого ультразвуку. Розраховано акустичні параметри п'єзоперетворювача з лінзою вигнутої форми. Наведено теорію, розрахунок та конструкцію вимірювальних засобів: високочастотного ватметра для вимірювання споживаної п'єзоперетворювачем електричної потужності; радіометра для вимірювання акустичної потужності сфокусованих ультразвукових пучків. За їх допомогою проведено детальне експериментальне дослідження акустичної системи, а саме визначено параметри її акустичного поля та коефіцієнт корисної дії. Зроблено висновок про доцільність використання даного типу електроакустичного перетворювача для дифференциальної діагностики слуху людини.

22.02-01.237 Оценка ритмико-динамической структуры украиноязычных диагностических артикуляционных таблиц (Оцінка ритміко-динамічної структури українськомовних діагностичних артикуляційних таблиць). *Pedchenko O.I. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2018. 23, № 5, с. 57-62. Рус.

Досліджений словарний матеріал існуючих на сьогодні українськомовних артикуляційних діагностичних таблиць та зроблена їх порівняльна оцінка. Виконаний статистичний аналіз повторюваності літер алфавіту у мовному матеріалі тестових таблиць. Проведений аналіз ритміко-динамічної структури та основних критеріїв підбору слів для створення артикуляційних діагностичних таблиць українською мовою. Зроблені висновки щодо суттєвих розбіжностей між фонологічними характеристиками слів існуючих діагностичних таблиць та їх часткової відповідності основним ознакам мови. Проведене дослідження первинних критеріїв добору мовного матеріалу, що є необхідним для подальшої розробки методики створення артикуляційних таблиць з урахуванням специфіки української мови.

22.02-01.238 Акустический анализ отвердевшего согласного [т], распространенного в западноукраинских диалектах (Акустичний аналіз ствердлого приголосного [т], поширеного в західноукраїнських діалектах). *Ishchenko O.S. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2018. 23, № 6, с. 74-81. Рус.

Дослідження присвячено акустичному вивченню проривного передньоязикового (твердого) звука [т], що в західноукраїнському діалектному ареалі в окремих графічних позиціях постав на місці проривного м'якого [т]. Ідеться, зокрема, про дієслова 3-ї особи однини чи множини теперішнього часу, а також дієслова 2-ї особи множини наказового способу,

у флексіях яких замість традиційного для української мови м'якого приголосного вживається твердий [т] (літературна норма: 'він робить', 'йдіть сюди', 'вони сидять' і діалект: 'він робит', 'йдіт сюди', 'вони сидят'). Завдяки спектральному аналізу зразків гупульського мовлення з'ясовано, що в подібних формах дієслів акустична картина твердого [т] має деякі відмінності порівняно з його реалізацією в інших словах. Припускалося, що різниця, ймовірно, може полягати в ступені твердості: мовляв, діалектний твердий звук [т] у флексіях дієслів історично виник на місці м'якого [т'], отже, незважаючи на ствердіння, містить залишки (сліди) м'якості. Однак під час осцилографічного й сонографічного аналізів було виявлено, що основна відмінність діалектного [т] в зазначених дієслівних формах полягає в характері способу творення (артикулювання) — він має чіткіший проривний характер порівняно з твердим [т] в інших позиціях.

22.02-01.239 Анализ спектральных характеристик украинского и нескольких европейских языков (Аналіз спектральних характеристик української та декількох європейських мов). *Harasiuk A.O., Hliuk I.R., Vdovenko M.V., Pedchenko O.I., Lunova S.A. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.")* 2019. 24, № 4, с. 62-67. Рус.

Для вирішення ряду задач науково-технічного, медичного та лінгвістичного спрямування існує потреба встановлення акустичних особливостей української мови у порівнянні з європейськими мовами. Дослідження виконується на основі найбільш об'єктивної акустичної характеристик мовного сигналу — усередненої спектральної густини потужності. Одержані спектральні характеристики української, російської, польської, італійської та англійської мов шляхом обробки звукових сигналів аудіозаписів публіцистичного та художнього стилів мовлення. Виконане порівняння усереднених за стилями спектрів іноземних мов із відповідними характеристиками української мови. Проаналізовані спільні та відмінні риси цих характеристик у різних частотних областях спектру.

22.02-01.240 Фазовые модуляции в речевом сигнале. *Сорокин В.Н., Леонов А.С. Акустический журнал.* 2022, № 2, с. 218-232. Рус.

Исследуются математические модели фазовой функции и ее параметров в задачах анализа речевого сигнала. Фазовый спектр речевого сигнала вычисляется через преобразование Гильберта сигналов на выходе гребенки гамма-тон фильтров. Рассматриваются кратковременные и долговременные модуляции линейной компоненты фазы, производных фазы по частоте, времени и смешанной производной. Описывается метод сегментирования гласных звуков путем агрегирования коэффициентов корреляции фазовых параметров. Выполнены эксперименты по оценке формантных частот, а также частоты основного тона, моментов начала и конца действия голосового источника.

См. также **22.02-01.199, 22.02-01.217, 22.02-01.224, 22.02-01.225, 22.02-01.226, 22.02-01.228**

Физиологическая и психологическая акустика

См. **22.02-01.223, 22.02-01.224, 22.02-01.230**

Физические основы технической акустики

Устройства для генерации, репродукции, приема акустических сигналов

22.02-01.241 Механические поля цилиндрического пьезокерамического излучателя силовой конструкции в присутствии акустического экрана (Механічні поля циліндричного п'єзокерамічного випромінювача силової конструкції в присутності акустичного екрана). *Starovoit Y.I., Leiko O.H. Микросистемы, Электроника и*

Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.") 2017. 22, № 6, с. 48-55. Рус.

В статті проведений чисельний аналіз частотних та кутових залежностей механічних полів поверхні циліндричного п'єзокерамічного випромінювача з окружною поляризацією силової конструкції в присутності акустично м'якого циліндричного екрана. В якості досліджуваного параметру механічного поля була обрана коливальна швидкість поверхні випромінювача. В результаті проведеного аналізу були встановлені фізичні

причини зміни її поведінки під дією акустичного екрана. Також були визначені закономірності поведінки механічних полів системи «випромінювач—екран» в залежності від частоти та розмірів екрану.

22.02-01.242 **Подход к расчету гармонических колебаний электроупругих цилиндров (Підхід до розрахунку гармонічних коливань електропружних циліндрів).** *Bezverkhyy O.I., Hryhorieva L.O. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 1, с. 37-43. Рус.

В роботі запропоновано новий підхід до редукції рівнянь гармонічних електропружних осесиметричних коливань в циліндричних координатах, до системи звичайних диференціальних рівнянь першого порядку на основі гамільтонового формалізму по радіальній координаті і різницевих апроксимацій по поздовжній координаті та зроблено чисельну реалізацію. Розвинуто чисельний метод інтегрування отриманої крайової задачі методом дискретної ортогоналізації. Проведено тестування отриманих результатів та порівняння з результатами, одержаними іншими авторами та іншими методами. Проведено дослідження гармонічних двовимірних коливань п'єзокерамічних поляризованих по товщині циліндрів при електричному навантаженні. Встановлено залежність характеру коливань від частоти для циліндрів різної довжини, визначено резонансні частоти. Досліджено динамічні характеристики електромеханічного стану циліндра при вимушених коливаннях з частотою, близькою до першої власної частоти. Проаналізовано зміну власних частот зі зростанням довжини циліндра, встановлено кількість та значення резонансних частот на певному частотному інтервалі.

22.02-01.243 **Особые точки векторного поля интенсивности в волноводе с комбинированными границами (Особливі точки векторного поля інтенсивності в хвилеводі з комбінованими границями).** *Chaika O.S., Yaroshenko M.O., Korzhuk O.V. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 1, с. 44-51. Рус.

На прикладі плоско-паралельного, безкінечного по довжині, регулярного хвилеводу з комбінованими границями показано можливі ситуації та закономірності формування векторного поля інтенсивності в мілкому морі. При цьому для різних горизонтів розташування акустичного монохроматичного джерела малих хвильових розмірів отримано розрахункові дані щодо утворення локально-вихрових та сідлових ділянок поля інтенсивності в області низьких частот (30—120 Гц). При врахуванні лише однорідних нормальних хвиль встановлено, що виникнення особливих точок поля відбувається відповідно до взаємодії амплітудно-фазових особливостей розподілень тисків та складових коливальних швидкостей у вертикальних перерізах хвилеводу, а також у залежності від горизонту розміщення джерела, частоти, глибини моря. При цьому також показано вплив ізолюваних нулів тиску та ізолюваних нулів складових коливальної швидкості на формування сингулярних точок типу "вихор", "сідло". Визначено суттєву неоднорідність поля інтенсивності в робочому середовищі за модулем і напрямком, а також встановлено, що розташування особливих точок і відповідних вихрових і сідлових структур в умовах задачі є асиметричним, навіть для ситуації розміщення джерела звуку на вісі хвилеводу.

22.02-01.244 **Подход к расчету гармонических колебаний электроупругих цилиндров (Підхід до розрахунку гармонічних коливань електропружних циліндрів).** *Bezverkhyy O.I., Hryhorieva L.O. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 1, с. 37-43. Рус.

В роботі запропоновано новий підхід до редукції рівнянь гармонічних електропружних осесиметричних коливань в циліндричних координатах, до системи звичайних диференціальних рівнянь першого порядку на основі гамільтонового формалізму по радіальній координаті і різницевих апроксимацій по поздовжній координаті та зроблено чисельну реалізацію. Розвинуто

чисельний метод інтегрування отриманої крайової задачі методом дискретної ортогоналізації. Проведено тестування отриманих результатів та порівняння з результатами, одержаними іншими авторами та іншими методами. Проведено дослідження гармонічних двовимірних коливань п'єзокерамічних поляризованих по товщині циліндрів при електричному навантаженні. Встановлено залежність характеру коливань від частоти для циліндрів різної довжини, визначено резонансні частоти. Досліджено динамічні характеристики електромеханічного стану циліндра при вимушених коливаннях з частотою, близькою до першої власної частоти. Проаналізовано зміну власних частот зі зростанням довжини циліндра, встановлено кількість та значення резонансних частот на певному частотному інтервалі.

22.02-01.245 **Особые точки векторного поля интенсивности в волноводе с комбинированными границами (Особливі точки векторного поля інтенсивності в хвилеводі з комбінованими границями).** *Chaika O.S., Yaroshenko M.O., Korzhuk O.V. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 1, с. 44-51. Рус.

На прикладі плоско-паралельного, безкінечного по довжині, регулярного хвилеводу з комбінованими границями показано можливі ситуації та закономірності формування векторного поля інтенсивності в мілкому морі. При цьому для різних горизонтів розташування акустичного монохроматичного джерела малих хвильових розмірів отримано розрахункові дані щодо утворення локально-вихрових та сідлових ділянок поля інтенсивності в області низьких частот (30—120 Гц). При врахуванні лише однорідних нормальних хвиль встановлено, що виникнення особливих точок поля відбувається відповідно до взаємодії амплітудно-фазових особливостей розподілень тисків та складових коливальних швидкостей у вертикальних перерізах хвилеводу, а також у залежності від горизонту розміщення джерела, частоти, глибини моря. При цьому також показано вплив ізолюваних нулів тиску та ізолюваних нулів складових коливальної швидкості на формування сингулярних точок типу "вихор", "сідло". Визначено суттєву неоднорідність поля інтенсивності в робочому середовищі за модулем і напрямком, а також встановлено, що розташування особливих точок і відповідних вихрових і сідлових структур в умовах задачі є асиметричним, навіть для ситуації розміщення джерела звуку на вісі хвилеводу.

22.02-01.246 **Определение области стереофонического звучания источников информационных сигналов (Визначення області стереофонічного звучання джерел інформаційних сигналів).** *Vdovenko M.V., Luniova S.A. Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 6, с. 58-65. Рус.

В даній статті розглядається проблема локалізації людиною джерел звуку. Запропонована формула для утворення розрахунків зони стереофекту для сигналів з мовленнєвою компонентою. Результати, одержані за допомогою аналітичних розрахунків, перевіряються експериментальним шляхом. В якості критеріїв оцінки стереофонічного звучання використовувались параметри функції міжвушної кореляції: коефіцієнт крос-кореляції, інтервал кореляції, ширина головного максимуму та загальний вигляд функції кореляції. Вимірювання виконувались за допомогою штучної голови на глядацьких місцях в залі середніх розмірів. Практично наявність зони стереофонії для інформаційних сигналів можна визначати за значеннями коефіцієнту крос-кореляції $IACF > 0,2$. Для різних типів сигналів це значення відповідає різному часу міжвушної затримки сигналів, що зумовлює різні розміри області стереофонії для музичних і мовленнєвих сигналів.

См. также **22.02-01.144, 22.02-01.145, 22.02-01.146, 22.02-01.147, 22.02-01.223, 22.02-01.236**

Акустические измерения и аппаратура

22.02-01.247 **Автоматизированная система сбора акустических данных в процессе синтеза газовых гид-**

ратов в лабораторных условиях. *Дробчик А.Н., Дучков А.А., Дучков А.Д. Материалы V Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород. BalticPetroModel-2016», 11–15 сентября 2016 г. М. 2016, с. 143-147. Рус.*

Результаты исследований 1970-х годов связанные с обнаружением газогидратов в природных условиях в зоне вечной мерзлоты и последующая оценка запасов метана в газогидратах привели к тому, что газовые гидраты стали рассматриваться как относительно новый и обширный источник топлива. Наиболее распространенным методом обнаружения гидратных месторождений является стандартная и высокочастотная сейсмическая разведка. Именно поэтому так важно изучение акустических свойств неконсолидированных образцов, содержащих гидраты. Газогидраты обладают стабильным состоянием при низкой температуре и высоком давлении, при естественных условиях газогидрат разлагается. Создание газовых гидратов в лабораторных условиях состоят из создания условий стабильности и подачи гидратообразователя.

22.02-01.248 Оценка скоростей и поглощения продольных и поперечных волн по данным лабораторных исследований на неконсолидированных образцах с разным размером фракции песка и степенью водонасыщения. Дугаров Г.А., Дучков А.А., Дучков А.Д., Дробчик А.Н. Материалы V Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород. BalticPetroModel-2016», 11–15 сентября 2016 г. М. 2016, с. 148-151. Рус.

Гидраты углеводородных газов (в основном метана) широко распространены в природе и рассматриваются как перспективный нетрадиционный источник газа со значительными потенциальными ресурсами. В мире предпринимаются значительные усилия, направленные на поиски и разведку скоплений и месторождений природных газовых гидратов посредством геофизических методов, развитие и применений которых сдерживается недостаточной изученностью физических свойств гидратосодержащих пород. Изучение акустических свойств: тепло- и электропроводности, скоростей распространения акустических волн, производится преимущественно в лабораторных условиях с помощью специальных установок, позволяющих создавать искусственные образцы, содержащие газовые гидраты, и проводить соответствующие измерения. Общей тенденцией за рубежом является создание крупных лабораторных установок, позволяющих изучать целый комплекс физических свойств *Wintersetal.,2000,Riedeletal.,2010,Schicksetal.,2011,Uchidaetal.,2003,Lietal.,2011*. В России акустические свойства гидратосодержащих пород еще не изучались.

22.02-01.249 Исследование сигналов акустической эмиссии при испытании на растяжение стали 20. Иляхинский А.В., Родюшкин В.М., Рябов Д.А., Хлыбов А.А., Ерофеев В.И. Проблемы прочности и пластичности. 2021. 83, № 2, с. 188-197. Рус.

Исследованы сигналы акустической эмиссии при испытании на одноосное растяжение плоских образцов стали 20, используемой для деталей сварных конструкций с большим объемом сварки, а также трубопроводов, коллекторов и деталей, работающих при температуре от -40 до 450 °С под давлением. Испытание на растяжение с одновременной регистрацией акустической эмиссии проводилось на универсальной испытательной машине фирмы Tinius Olsen Ltd, модель H100KU, при скорости перемещения активного захвата 0,05 м/мин. Регистрация сигналов акустической эмиссии проводилась с использованием широкополосных датчиков GT350 фирмы GlobalTest и аналого-цифрового преобразователя NationalInstruments 6363X с последующим сохранением результатов регистрации в виде временного ряда в памяти компьютера. Сравнительный анализ амплитудного распределения сигнала акустической эмиссии для области площадки текучести и области разрушения проводился по величине информационной энтропии, фрактальной размерности и параметру самоорганизации. Показано, что информационная энтропия, фрактальная размерность и параметр самоорганизации сигнала акустической эмиссии для области разрушения имеют меньшие значения, чем в области площадки текучести. Наибольшее изменение в значениях наблюда-

лось для показателя самоорганизации и наименьшее для фрактальной размерности, вследствие чего параметр самоорганизации амплитудного распределения сигнала является наиболее информативным при описании процессов, связанных с акустической эмиссией. Установлено, что в качестве дополнительной информации можно использовать данные о структуре параметра самоорганизации. Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения статистической модели распределения Дирихле в качестве модели процессов, связанных с появлением сигналов акустической эмиссии от источников зарождающихся и развивающихся дефектов при штатных испытаниях изделий из конструкционных углеродистых качественных сталей с перлитно-ферритной структурой.

22.02-01.250 Исследование влияния пластического деформирования на кристаллографическую текстуру и ультразвуковые характеристики низколегированной стали. Мишакин В.В., Гончар А.В., Ключников В.А., Курашкин К.В. Проблемы прочности и пластичности. 2021. 83, № 3, с. 255-264. Рус.

Приведены результаты исследования влияния пластического деформирования на изменение коэффициентов функции распределения ориентировок W400 и W420 низколегированной стали 09Г2С. Для расчета этих коэффициентов использовались скорости и времена распространения поперечных и продольных объемных упругих волн и их соотношения. Приведена физическая интерпретация коэффициентов W400 и W420. Коэффициент W420 отражает эффект двулучепреломления поперечных объемных упругих волн, коэффициент W400 линейно связан с коэффициентом Пуассона. Оба параметра являются структурно чувствительными характеристиками и используются для оценки состояния материалов методами неразрушающего контроля. В результате исследования получено, что характерные участки на диаграмме растяжения стали с эффектом деформационного старения (площадка текучести, участок, соответствующий параболическому упрочнению, начало образования шейки) имеют соответствующие отражения на динамике изменения коэффициентов функции распределения ориентировок. Площадка текучести характеризуется активным изменением характеристик текстуры. Упрочнение материала приводит к замедлению интенсивности изменения исследуемых коэффициентов. Приведены выражения, связывающие изменения коэффициента Пуассона с величиной упрочнения исследуемой стали, а также параметра акустической анизотропии, отражающего эффект двулучепреломления, с величиной пластической деформации. Расчетные значения величины упрочнения по данным акустических измерений хорошо согласуются с величиной упрочнения, полученной при анализе диаграммы растяжения. Погрешность определения величины пластической деформации акустическим методом составила не более 0,3%. Показано, что мониторинг упругих характеристик акустическим методом дает возможность эффективно оценивать состояние пластически деформированной стали неразрушающим методом контроля.

22.02-01.251 Об акустических параметрах металла конструкции при накоплении повреждений. Ерофеев В.И., Иляхинский А.В., Мотова Е.А., Родюшкин В.М., Шежоян А.В. Проблемы прочности и пластичности. 2021. 83, № 3, с. 344-353. Рус.

С применением методов неразрушающего контроля рассмотрены вопросы определения допустимой долговечности или безопасного ресурса. Показано, что процедура мониторинга конструкции состоит в определении исходного состояния — нулевой зоны, где материал изделия подвергается небольшим эксплуатационным нагрузкам. С применением методов неразрушающего контроля измеряются акустические параметры, такие как скорость упругих акустических волн, нелинейный акустический параметр, разность скоростей при двухчастотном зондировании и др. Производится акустическое сканирование металла изделия в зонах, где имели место значительные нагрузки, знакопеременные напряжения, приводящие к интенсивному накоплению повреждений (разрушению металла, ведущего к появлению трещин); определяется зона «N», где параметр состояния металла, за который принимается величина, характеризующая отличие акустического параметра (скорости упругих волн, нелинейного акустического параметра, разности ско-

ростей при двухчастотном зондировании) относительно этого же параметра в зоне ноль, превышает установленный уровень. Установленные закономерности, связывающие наличие пластической деформации с разностью задержек (скорости) упругих волн Рэлея на разных частотах зондирования при фиксированной базе между излучателем и приемником упругих волн, а также поведение нелинейного акустического параметра в течение времени безопасного ресурса дает основание предположить возможность использования наблюдаемого факта в качестве принципа контроля предельного состояния материала, обусловленного пластическими деформациями на производственных конструкциях. На основании указанного подхода предложена инженерная методика определения технического состояния материала конструкций производственных объектов, позволяющая установить три этапа эксплуатации: режим надежной эксплуатации, режим контролируемой эксплуатации и критический режим эксплуатации.

22.02-01.252 Механика и акустика метаматериалов: математическое моделирование, экспериментальные исследования, перспективы применения в машиностроении. *Ерофеев В.И., Павлов И.С. Проблемы прочности и пластичности.* 2021. 83, № 4, с. 391-414. Рус.

Представлен обзор современных публикаций об акустических и механических метаматериалах. Важнейшей характерной особенностью класса метаматериалов является наличие в них запрещенных зон частот, на которых волны в материале не могут распространяться. Такая особенность сыграла главную роль в создании акустических метаматериалов, успешно применяющихся для поглощения звука, демпфирования вибрационных и ударных воздействий, создания устройств, блокирующих распространение волн заданной частоты в определенных направлениях. Перспективными материалами для практического применения оказались и такие представители механических метаматериалов, как ауссеттики — материалы, хотя бы один из коэффициентов Пуассона которых является отрицательным. Они отличаются высокой потребительской ценностью: низкая плотность, высокая прочность, хорошие изоляционные свойства. Помимо интереса к акустическим и механическим метаматериалам в последние годы существенно вырос интерес к созданию материалов, позволяющих управлять потоком световых или электромагнитных волн. Разработка новых метаматериалов является востребованной для авиакосмической и автомобильной техники, а также для биомедицинских приложений. Рассмотрено два основных способа моделирования метаматериалов: континуально-феноменологическое описание и структурное моделирование. Отмечены их достоинства и недостатки. Метод структурного моделирования позволяет установить взаимосвязь в аналитическом виде между макроконстантами среды и параметрами ее микроструктуры. В результате появляется возможность не только получить представление о качественном влиянии микроструктуры среды на ее эффективные модули упругости, но и количественно оценить эти величины, а также найти области значений параметров микроструктуры, при которых среда обладает уникальными физико-механическими свойствами.

22.02-01.253 Панорамный датчик аэродинамического угла и истинной воздушной скорости с неподвижным приемником и ультразвуковыми измерительными каналами. *Солдаткин В.В., Солдаткин В.М., Ефремова Е.С., Никитин А.В. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2021, № 3, с. 153-159. Рус.

Приводится функциональная схема, раскрываются аналитические модели обработки и определения аэродинамического угла и истинной воздушной скорости панорамного датчика с неподвижным приемником набегающего потока и ультразвуковыми измерительными каналами. Раскрываются конкурентные преимущества и перспективность применения оригинального панорамного датчика аэродинамического угла и истинной воздушной скорости с ультразвуковыми измерительными каналами на малоразмерных пилотируемых и беспилотных летательных аппаратах.

22.02-01.254 Модальный анализ пространственных случайных колебаний конструкции автомобиля. *Горбцов А.С., Карцов С.К., Поляков Ю.А., Рыжов Е.Н.,*

Григорьева О.Е. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 10, с. 141-145. Рус.

Представлен метод построения модальных характеристик случайных колебаний механических систем, в частности, конструкции автомобиля. Метод базируется на построении автоспектров и взаимных спектральных плотностей реализации ускорений, которые могут быть получены расчетным или экспериментальным путем. Рассматриваемый метод позволяет содержательно интерпретировать резонансные пики на спектральных плотностях ускорений точек конструкции. Это имеет важное значение при анализе и доводке динамических характеристик пространственных конструкций. Приведены примеры построения и интерпретации форм колебаний по результатам расчетов конструкции автомобиля при случайном возмущении.

22.02-01.255 Экспериментальные исследования зависимости микротвердости и шероховатости от технологических параметров ультразвуковой упрочняющей обработки. *Скобелев С.Б. Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 12, с. 422-425. Рус.

Представлены результаты экспериментальных исследований влияния основных технологических параметров ультразвуковой обработки (УУО) на шероховатость и микротвердость поверхностного слоя образцов из стали 35. Определены рациональные режимы обработки, при которых достигается наименьшая шероховатость и наибольшая микротвердость обработанной поверхности. Разработаны уравнения регрессии для определения шероховатости и микротвердости по заданным значениям подачи и частоты вращения. Шероховатость образцов после УУО снизилась на 0,1 мкм, а микротвердость возросла в среднем в 1,5 раза.

22.02-01.256 Импедансные характеристики плоско-параллельного акустического волновода с комбинированием границами при нарушении его двухчастотным сигналом (Импедансні характеристики плоско-параллельного акустичного хвилеводу з комбінуванням межами при порушенні його двочастотним сигналом). *Корзхук М.О., Курдиук С.В., Корзхук О.В. Микросистеми, Електроніка і Акустика (с жовтня 2017 года правотреємник, основанного в марте 1995 года журналу "Електроніка і Связь укр.)* 2018. 23, № 3, с. 65-74. Рус.

В роботі розглянуті імпедансні характеристики хвилеводу з комбінованими межами при поширенні в ньому хвильового пакета у вигляді двухчастотного сигналу. Плоско-параллельний хвилевід з комбінованими межами імітує дрібне море з донною поверхнею, представленої акустично жорсткою кордоном, Поверхня розділу середовищ "вода—повітря" — акустично м'яка межа. В результаті рішення задачі визначення питомих акустичних опорів уздовж горизонтального і вздовж вертикального перетину хвилеводу — отримані основні аналітичні вирази, що описують поширення в ньому комбінованих коливань двох різних частот. Для визначення імпедансних характеристик використані середні значення суперпозицій компонент швидкості коливань і тисків, що розвиваються різночастотних коливаннями джерела. Розглянуто питання формування в волноводі розподілів середніх по часового інтервалу спостереження щільності потоків потужності і щільності акустичної енергії. Метою роботи є визначення особливостей питомих акустичних опорів нормальним хвилям, що поширюються в плоско-параллельному хвилеводу з комбінованими межами, і їх вплив на основні енергетичні характеристики акустичного поля, що збуджується двочастотним джерелом. В умовах дисперсії, для області нижніх частот і першій моди хвилеводу, розраховані залежності і проаналізовано особливості імпедансних характеристик і їх вплив на розподіл по каналу хвилеводу середніх по часового інтервалу спостереження щільності потоків потужності і щільності акустичної енергії. В роботі показано, що імпеданс хвилеводу вздовж його горизонтальної осі залежить від координати і значень частот вихідного пакета.

22.02-01.257 Импедансные характеристики плоско-параллельного акустического волновода с акустически мягкими границами при возбуждении его двухчастотным сигналом (Импедансні характеристики плоско-

паралельного акустичного хвилеводу з акустично м'якими границями при збудженні його двохчастотним сигналом). *Коржук М.О., Курдіук С.В., Коржук О.В. Микросистеми, Електроніка і Акустика (с люта 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 4, с. 65-73. Рус.

В работе рассмотрены импедансные характеристики волновода с акустически мягкими границами при распространении в нем волнового пакета в виде двухчастотного звукового сигнала. Плоско-параллельный волновод с акустически мягкими границами имитирует мелкое море с донной поверхностью илистого или песчаного типа. В результате решения задачи определения удельных акустических сопротивлений вдоль горизонтального и вдоль вертикального сечения волновода — получены основные аналитические выражения, описывающие распространение в нем комбинационных колебаний двух разных частот. Для определения импедансных характеристик использованы средние значения суперпозиций компонент колебательной скорости и давлений, развиваемых разночастотными колебаниями источника. Рассмотрены вопросы формирования в волноводе распределений средних по временному интервалу наблюдения плотностей потоков мощности и плотности акустической энергии. Целью работы является определение особенностей удельных акустических сопротивлений комбинационным волнам, распространяющимся в плоско-параллельном волноводе с акустически мягкими границами, и их влияние на основные энергетические характеристики акустического поля, возбуждаемого двухчастотным источником. В условиях дисперсии, для области нижних частот и первой моды волновода, рассчитаны зависимости и проанализированы особенности импедансных характеристик и их влияние на распределение по каналу волновода средних по временному интервалу наблюдения плотностей потоков мощности и плотности акустической энергии. В работе показано, что импеданс волновода вдоль его горизонтальной оси зависит от координаты и значений частот исходного пакета.

22.02-01.258 Анализ акустических свойств вентиляционных каналов (Аналіз акустичних властивостей вентиляційних каналів). *Saranenko A.M., Bogdanov O.V. Микросистеми, Електроніка і Акустика (с люта 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2018. 23, № 5, с. 63-69. Рус.

У сфері вимірювання акустичних параметрів є два спеціалізовані міжнародні стандарти для розрахунку рівнів звукового тиску у лабораторних умовах: точний та інженерний (розрахунковий) методи. Дані стандарти відрізняються підходами до проведення тестування, включаючи забезпечення безпечної середовища для акустичних випробувань та є складовою частиною серій стандартів, що встановлюють методи для визначення рівнів звукового тиску (SPL) для різних типів обладнання й потребують забезпечення умов вільного поля або вільного поля з плоским відбиваючим середовищем. На даний момент існують дві основні стандартизовані вимоги до акустичного середовища: допустима похибка створюваного вільного звукового поля (FFA) й фоновий шум (BN), але сучасне проектування вимагає застосування передових технологій. Програма COMSOL Multiphysics дозволяє вирішувати широкий спектр завдань у сфері оцінки шумової дії. Метод скінченних елементів, що використовується у програмі виступає у якості світового стандарту для моделювання високоефективних вентиляційних систем у країнах Європи та США. У даній роботі запроєктована віртуальна модель шумопоглинаючого вентиляційного каналу й задані параметри звукозаглушеної камери з використанням основних положень та методик інженерних розрахунків у середовищі COMSOL Multiphysics і державних стандартів; показані такі переваги COMSOL Multiphysics як: висока точність розрахунків; зменшення трудомісткості обчислень; можливість виявлення критичних зон та розробка протишумових заходів. Запропонований метод високоточного проектування ефективного шумопоглинаючого вентиляційного каналу дозволить виконувати вимірювання з урахуванням положень міжнародних стандартів та вийти на європейський ринок. Результати роботи можуть бути використані на підприємствах та у будівельних організаціях при проектуванні шумопоглинаючих вентиляцій-

них каналів за світовими стандартами.

22.02-01.259 Прецизионные ультразвуковые измерители уровня жидкости в закрытых резервуарах (Прецизійні ультразвукові вимірювачі рівня рідини в закритих резервуарах). *Bohushevych V.K., Zamarenova L.M., Kotov H.M., Skira M.I. Микросистеми, Електроніка і Акустика (с люта 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2019. 24, № 1, с. 61-71. Рус.

Розглядаються питання вимірювання рівня рідини в сталевих резервуарах через стінку акустичними методами. При вимірюванні рівня за часом поширення звуку в рідині найкращу точність забезпечує кореляційно-фазовий прийом складних сигналів. Але для вимірювань в сталевих резервуарах такий прийом зазвичай не використовується через спотворення фазової структури сигналу з широкою смугою частот, що проходить через пружну стінку (що має в цій смугі множинні резонанси). Використання в таких випадках кореляційно-фазового прийому можливе при виборі зондувального сигналу, спотворення фазової структури якого при проходженні через стінку будуть малими. Метою роботи є визначення можливостей використання кореляційно-фазового прийому і точності вимірювання рівня, що досягається, за умов різних товщин стінок сталевих резервуарів. Значимість досліджень визначається можливостями багаторазового збільшення точності вимірювань. Розглянуто акустичні методи та пристрої вимірювання рівня, показано перевагу часово-імпульсних (часово-протігних, TOF) методів перед інтерферометричними та іншими методами при вимірюванні у великих резервуарах. Запропоновано схему розрахунків проходження широкопasmового імпульсного сигналу через пружну стінку (і побудови амплітудно-і фазочастотної характеристик, АЧХ і ФЧХ), що враховує поздовжні і зсувні хвилі товщинних коливань стінки і стоячі хвилі її резонансних коливань по довжині (діаметру), запропоновано спосіб вибору в відповідності до АЧХ і ФЧХ пружної стінки діапазону частот зондувального сигналу, що забезпечує малі спотворення його фазової структури при проходженні через стінку заданої товщини. Отримано оцінки точностей вимірювання швидкості звуку і рівня рідини, що досягаються, в залізничних цистернах. Експериментальні роботи на тонкостінній, 0,8 мм, бочці з використанням сигналів діапазону частот 250-750 кГц, тобто частот менше частоти першого товщинного резонансу дна бочки, підтвердили мале спотворення фазових структур сигналів при їх проходженні через дно і високу ефективність кореляційно-фазового прийому — при відношенні сигнал/шум 0,4 отримана висока точність вимірювання часу, $\sim 0,15$ мкс, що відповідає точності вимірювання рівня $\sim 0,1$ мм. Для сигналу 250-750 кГц визначено інтервал товщин стінки, 0,3—3,6 мм, при яких ефективність кореляційно-фазового прийому має бути високою, а точність вимірювань рівня — великою. Результати роботи показали, що застосування кореляційно-фазового прийому складних сигналів при вимірюванні рівня рідини через дно тонкостінної сталеві бочки можливо і забезпечує як високу ефективність роботи в умовах шумів, так і високу точність вимірювань. Можна очікувати, що такі ж показники точності і ефективності роботи будуть зберігатися в інтервалі товщин дна, при яких частоти зондувального сигналу будуть менше першої частоти його товщинного резонансу. У випадках великої товщини дна спектр зондувального сигналу може включати області частот між частотами товщинних резонансів. При цьому з'являється можливість використання кореляційно-фазового прийому для вимірювання рівня в резервуарах з широким діапазоном товщин дна.

22.02-01.260 Прецизионное ультразвуковое измерение уровня жидкости через «толстую» стальную стенку (Прецизійне ультразвукове вимірювання рівня рідини через «товсту» сталеву стінку). *Bohushevych V.K., Zamarenova L.M., Kotov H.M., Skira M.I. Микросистеми, Електроніка і Акустика (с люта 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.)* 2020. 25, № 3, с. 56-68. Рус.

Розглядаються питання вимірювання рівня рідини через «товсту» сталеву стінку. При вимірюванні рівня за часом поширення сигналу найкращу точність забезпечує кореляційно-

фазовый прием складных сигналов. Але при проходженні таких сигналів через «товсту» стінку руйнується їх фазова структура, що пов'язано з хвилями Лемба вищого порядку. При вирішенні задачі сигнал, що приймається, представляється як сума сигналу, який пройшов через стінку та шар рідини, сигналів коливань товщинних резонансів позовжних і поперечних хвиль і сигналу нерезонансних коливань, що поширюються в стінці. Запропоновано оцінювання спотворень сигналу, що приймається, за його спектрами та методика формування оптимальних зондуючих сигналів. Експерименти на «товсті», 14,5 мм, сталевій стінці показали, що при використанні оптимальних сигналів для трьох діапазонів частот, 593—790, 395—593 і 197—395 кГц, похибка вимірювання часу не перевищила 1 мкс, а значення коефіцієнта фазової кореляції склали 0,84—0,92, 0,78—0,90 і 0,45—0,65, відповідно.

22.02-01.261 Сравнение имитаторов импульсных сигналов акустической эмиссии. Панин В.И. Территория NDT. Международный журнал по неразрушающему контролю. 2022, № 1, с. 45-51. Рус.

Имитатором акустической эмиссии (АЭ), согласно ГОСТ Р ИСО 12716—2021, является устройство искусственного возбуждения в объекте контроля (ОК) акустических волн, моделирующих акустическую эмиссию. Наиболее характерным источником импульсной АЭ являются скачки трещины, развивающейся от поверхности ОК. Рассмотрим наиболее часто практические используемые в России имитаторы импульсов АЭ. К ним относятся «Имитатор АЭ «ИНТЕРЮНИС-ИТ» и «Имитатор Су—Нильсена». Включим в это рассмотрение также имитаторы АЭ-1 и АЭ-N, разработанные автором статьи.

22.02-01.262 Головная поверхностная продольная акустическая волна: основные свойства и возможности применения. Шевальдыкин В.Г. Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 7, с. 4-12. Рус.

Представлена экспериментальная проверка возможности использования головной и боковой поперечной ультразвуковых волн для обнаружения внутренних дефектов в металле, а также исследование распространения головной волны по вогнутой поверхности металла. Траектории распространения головной и боковой поперечной волн исследовали на стальной плите. Измеряли времена прохождения ультразвукового сигнала по таким траекториям разной длины и сравнивали результаты измерений с расчетными значениями времени. Измеренные и расчетные значения совпали с точностью, достаточной для когерентного накопления эхосигналов, прошедших в металле часть пути головной волной и еще часть пути — боковой поперечной волной. Распространение головной волны по вогнутой поверхности исследовали на стальном образце с цилиндрическими гранями разных радиусов. В результате оказалось, что по вогнутой поверхности головная волна распространяется с той же скоростью продольных волн, как и по плоской поверхности, но значительно сильнее затухает с расстоянием. Исследования показали, что головные волны можно использовать в ультразвуковой томографии, где требуется предварительный расчет траекторий распространения ультразвуковых сигналов. Распространение головных волн по вогнутым поверхностям расширяет возможности дифракционно-временного метода на область внутреннего контроля.

22.02-01.263 Исследование параметров ультразвукового дефектоскопа на фазированных решетках. Режимы фокусировки для ультразвукового дефектоскопа типа OMNISCAN. Тутов В.Ю. Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 8, с. 24-35. Рус.

Рассмотрены возможности штатной фокусировки прибора OmniScan на фазированных решетках. Результаты основаны на экспериментах, проведенных на образцах с искусственными отражателями одного размера, но разных по типу: ненаправленный отражатель (боковое цилиндрическое отверстие) и направленный отражатель (плоскодонный отражатель), располагающиеся на одинаковой глубине. Получены семейства кривых зависимости амплитуды сигнала: от глубины залегания отражателя, от настройки глубины фокусировки, от типа отражателя. Результаты подчеркивают необходимость применения точной фокусировки в пределах ближней зоны преобразователя для

малых толщин или малой глубины залегания несплошностей и большую вариативность выбора фокусировки для глубин в дальней зоне. Отмечается существенная разница значений глубины расположения отражателя при различных фокусировках при фиксированном положении преобразователя. Полученные данные не зависят от частоты преобразователя, а значит, выводы применимы для общего круга дефектоскопов на фазированных решетках.

См. также **22.02-01.99, 22.02-01.100, 22.02-01.120, 22.02-01.134, 22.02-01.183, 22.02-01.195, 22.02-01.222**

Медицинский ультразвук, медицинские приборы

22.02-01.264 Настройка дефектоскопа OmniScan X3 для метода TFM. Скорость ультразвуковых волн и толщина объекта контроля. Пепеляев А.В. Территория NDT. Международный журнал по неразрушающему контролю. 2022, № 1, с. 34-38. Рус.

На конкретных примерах показано, как точность настройки скорости ультразвуковых волн и толщины объекта контроля (ОК) влияет на результаты контроля, проводимого методом обшей фокусировки TFM.

См. также **22.02-01.153, 22.02-01.154, 22.02-01.155**

Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

22.02-01.265 Испытание материалов на прочность при ударе. Бендин В.С., Петренко Д.С., Ароян М.С. Научно-практическая студенческая конференция электро-энергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г. Ставрополь: АГРУС. 2019, с. 6-9. Рус.

22.02-01.266 Оборудование и технология эхо-импульсивного метода ультразвуковой дефектоскопии. Георгян Д.А., Каитов М.Р., Резанов Э.В., Милониди В.Д. Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г. Ставрополь: АГРУС. 2019, с. 28-32. Рус.

22.02-01.267 Исследование технологических параметров вибрационной отделочной обработки деталей. Феденко А.А., Проскорякова Ю.А., Чаава М.М., Чукарчина И.М. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 8, с. 198-202. Рус.

Рассматривается моделирование единичного взаимодействия стального шарика с поверхностью детали в процессе вибрационной отделочной обработки. Учитывается траектория движения шарика как по нормали к обрабатываемой поверхности, так и под различными углами. Найденные аналитические зависимости можно использовать при расчете технологических параметров вибрационной отделочной обработки.

22.02-01.268 Математическая модель измерения состояния фундаментов анкерных опор методом ультразвукового зондирования в системе дистанционной диагностики проводов ВЛ. Акуличев В.О., Захаров С.Ю., Родионов И.А., Висич С.Г., Панарин М.В., Степанов В.М., Маслова А.А. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 8, с. 283-290. Рус.

Рассмотрена математическая модель модуля дистанционной диагностики проводов воздушных линий по каналу измерения состояния фундаментов анкерных опор методом ультразвукового зондирования, которая реализуется на модуле и на сервере диспетчерского пункта электросетевой компании. Модуль вырабатывает управляющие сигналы на встроенные в опору излучатели ударного типа и излучатели ультразвуковых колебаний. Приемники ультразвуковых колебаний принимают сигналы, проходящие через бетон фундамента опоры воздушной линии электропередач от излучателей, и выдают в виде непре-

рывной аналоговой функции.

22.02-01.269 Определение напряжения сжатия в рельсе с использованием эффекта акустоупругости и тензометрии. *Степанова Л.Н., Курбатов А.Н., Кабанов С.И., Тенитилов Е.С., Кожемякин В.Л., Чернова В.В.* Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 7, с. 14-23. Рус.

Аннотация., позволяя в исследуемом объекте возбуждать продольные, поперечные и трансформированные волны. Напряжение рельса и стального образца осуществляли 250-тонным прессом ПСУ-250. Для контроля сжимающих напряжений использовали продольные и трансформированные УЗ-волны. Выполнен сравнительный анализ экспериментальных и расчетных зависимостей напряжений сжатия от нагрузки, полученных акустическим, тензо-метрическим и расчетным методами. Достоверность экспериментальных и расчетных результатов контролировали тензометрической системой ММТС-64.01. Разработана методика контроля напряжения сжатия в рельсе и в образце из стали 20 с использованием эффекта акустоупругости и тензометрии. На противоположные стороны рельса и образца наклеивали проволочные тензодатчики. Измерения, запись и обработку тензометрической информации осуществляли сертифицированной микропроцессорной тензометрической системой ММТС-64.01 класса точности 0,2. Для контроля напряжения сжатия использовали разработанную быстродействующую микропроцессорную ультразвуковую (УЗ) систему «Акуст-1», работающую на основе эффекта акустоупругости. Угол ввода УЗ-колебаний, равный 18.

22.02-01.270 Методика оценки неопределенности измерений механических напряжений ультразвуковым методом с помощью оптико-акустического раздельно-совмещенного преобразователя. *Федоров А.В., Быченко В.А., Беркутов И.В., Алифанова И.Е.* Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 7, с. 56-61. Рус.

Аннотация. Рассматривается ультразвуковой метод контроля механических напряжений с использованием головных волн. Проведен анализ факторов, оказывающих вклад в результат измерений механических напряжений, среди которых: скорость распространения головной ультразвуковой волны, температура окружающей среды и объекта контроля, коэффициенты акустоупругой и термоакустической связей, параметры оптико-акустического преобразователя. Проведена оценка вклада каждого из этих факторов в результаты измерений механических напряжений. Разработана методика оценки неопределенности измерений механических напряжений ультразвуковым методом с применением головных волн.

22.02-01.271 Применение продольных волн при наклонном вводе ультразвуковых колебаний для повышения эффективности дефектоскопии рельсов. *Марков А.А., Мосягин В.В., Молотков С.Л., Иванов Г.А.* Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 8, с. 4-13. Рус.

Аннотация. Рассмотрены проблемы обнаружения дефектов в шейке рельса в эксплуатируемом железнодорожном пути. Показано повышение эффективности контроля за счет совместного использования эхо- и зеркальотеневых методов при наклонном вводе продольных волн. Исследованы пути дальнейшего повышения информативности ультразвуковых каналов контроля за счет анализа амплитудной огибающей донных сигналов. Дополнены ранее полученные выражения для расчета параметров выявленного дефекта, которые подтверждены путем математического моделирования в известном программном обеспечении CIVA-UT. Результаты работы внедрены на мобильных средствах контроля рельсов.

22.02-01.272 О влиянии размеров включений пластинчатого графита и его объемного содержания на акустические параметры чугуна и характеристики сигналов ультразвуковой продольной волны. *Данилов В.Н., Воронкова Л.В.* Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 9, с. 4-15. Рус.

Представлены алгоритмы расчета скорости (в приближении мелкослойной модели) и коэффициента затухания продольной ультразвуковой волны в чугуна в зависимости от среднего размера элементов графита и его объемного содержания, результаты расчета по которым качественно подтверждены экспери-

ментально. Расчет скорости проводили с использованием мелкослойной модели структуры, включения графита описывали в виде плоскопараллельных слоев, размещенных в изотропной упругой среде (металлической основе). Проведено компьютерное моделирование акустических трактов для среды — чугуна с пластинчатым графитом для стандартных прямых преобразователей в целях изучения влияния такой среды на характеристики излучаемых и регистрируемых сигналов при ультразвуковом контроле. В ходе исследований для расчета коэффициента затухания продольных волн в чугуна с пластинчатым графитом, обусловленного их рэлеевским и фазовым рассеянием на графитовых включениях, использовали результаты, полученные ранее. Проведено компьютерное моделирование акустических характеристик сигналов прямого линейного преобразователя с фазированной решеткой (ПФР) в чугуна с пластинчатым графитом, в процессе которого рассчитывалась форма акустических импульсов продольной волны, зависящая от пройденного волной расстояния и значения коэффициента затухания для различных моделей чугуна. К основным моделировавшимся характеристикам преобразователя относятся диаграмма направленности и изменение амплитуды сигнала вдоль акустической оси. Показано, что для чугуна с пластинчатым графитом возможны случаи, когда направленность излучения ПФР в чугуна практически отсутствует.

22.02-01.273 Проблемы высокоскоростной дефектоскопии рельсов. *Марков А.А., Максимова Е.А.* Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 9, с. 16-25. Рус.

Аннотация. Рассмотрены основные факторы, снижающие качество неразрушающего контроля рельсов при высокоскоростном сканировании. Базируясь на анализе реальных дефектограмм, полученных при контроле рельсов на скоростях до 120 км /ч, сформулированы выводы, свидетельствующие о заметном уменьшении зон локализации дефектов и увеличении протяженности участков с нарушениями акустического контакта при повышении скорости сканирования. Впервые подняты вопросы, касающиеся проверки работоспособности дефектоскопических средств в реальных условиях контроля. Из рассмотренных пяти факторов наиболее значимыми являются причины, влияющие на качество и объем получения первичной информации о состоянии контролируемых рельсов.

См. также **22.02-01.83, 22.02-01.84, 22.02-01.197, 22.02-01.215, 22.02-01.254, 22.02-01.262, 22.02-01.263**

Акустические методы обработки материалов и изделий

22.02-01.274 Нагрев двухслойного теплозащитного покрытия при гиперзвуковом обтекании сферического затупления. *Зарубин В.С., Зимин В.Н., Леонов В.В., Зарубин В.С.* Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2021, № 1, с. 81-89. Рус.

Представлено решение нестационарной задачи теплопроводности в двухслойном теплозащитном покрытии на металлической полусферической оболочке при осесимметричном распределении плотности теплового потока по внешней поверхности покрытия.

22.02-01.275 Моделирование процесса лазерной наплавки во внешнем акустическом поле для определения влияния интенсивности ультразвука на морфологию валика. *Хамидуллин Б.А., Цивильский И.В., Гильмутдинов А.Х.* Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2021, № 3, с. 167-172. Рус.

Разработана математическая модель лазерной наплавки в трехмерном нестационарном приближении, позволяющая учитывать ультразвуковое воздействие на ванну расплава и наплавочный слой в процессе его затвердевания. Уравнения модели, решаемые методом конечных элементов (прочность) и конечных объемов (тепломассоперенос), позволяют рассчитать размеры наплавленного слоя, ванны расплава и зоны термического влияния при варьировании режимов. Распределение акустических волн на поверхности изделия верифицировано экспериментально методом фигур Хладни.

22.02-01.276 Лазерная ударная обработка сплава АМг6 без защитного покрытия. *Вакулин И.А., Кузнецов С.И., Панин А.С., Тарасова Е.Ю. Физика и химия обработки материалов.* 2021, № 1, с. 31-39. Рус.

Изучены структура и напряженное состояние сплава АМг6 после лазерной ударной обработки без защитного покрытия. Методом послыйного рентгеноструктурного анализа показана корреляция между параметрами кристаллической структуры и профилем остаточных напряжений обработанных образцов. После лазерного воздействия размеры областей когерентного рассеяния на поверхности материала уменьшаются до 50 нм, величина микродеформаций возрастает до 0,0019, а средняя плотность дислокаций увеличивается до $4,7 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-2}$. Профиль и глубина остаточных сжимающих напряжений зависят от плотности мощности, коэффициента перекрытия зон лазерного воздействия и кратности обработки, достигая 2 мм.

22.02-01.277 Эффективность абляции металлов сканирующим пучком импульсного излучения волоконного YB:YAG лазера наносекундного диапазона длительности. *Мишайлов С.Б., Горный С.Г., Жуков Н.В. Физика и химия обработки материалов.* 2021, № 3, с. 5-23. Рус.

Приведены результаты экспериментов по абляции мишеней из нержавеющей стали и алюминия сканирующим пучком наносекундных импульсов при плотности мощности $q = (0,38-1,0) \cdot 10^9 \text{ Вт/см}^2$. Установлено, что перекрытие зон воздействия при облучении поверхности мишени из нержавеющей стали импульсами с интервалом $\Delta t = 50 \text{ мкс}$ приводит к увеличению глубины абляции пропорционально площади перекрытия пятен облучения. Это объясняется тем, что с увеличением степени перекрытия пятен облучения на поверхности мишени образуются зоны с большим количеством импульсных воздействий, что увеличивает глубину ванны расплава и приводит к выбросу более крупных частиц. Рост глубины абляции алюминия происходит при увеличении интервала между импульсами до $\Delta t = 10 \text{ мс}$ и тем существеннее, чем выше степень перекрытия пятен облучения, при этом меняется форма вылетающих микрочастиц — от сферической, которая характерна для частиц, образующихся из расплава, до неправильной, которая характерна для частиц, образующихся при механическом разрушении вещества мишени внутренней ударной волной. Определено распределение вылетевших микрочастиц по размерам и скоростям и на основе этих данных рассчитаны коэффициенты экранирования лазерного излучения в зависимости от степени перекрытия пятен облучения. Установлено, что основным механизмом падения эффективности абляции сканирующим пучком излучения является обратный поток микрочастиц, оседающих на поверхность мишени. Проведен анализ энергетического баланса процесса абляции алюминия.

См. также **22.02-01.255**

Акустические технологии в промышленности

22.02-01.278 Теоретическая разработка метода контроля свойств твердых взвешенных почв при помощи ультразвукового воздействия. *Хмельев В.Н., Голых Р.Н., Qian Qiqian, Барсуков Р.В., Минаков В.Д., Генне Д.В., Абраменко Д.С., Нестеров В.А., Хмельев М.В. Южно-Сибирский научный вестник.* 2022, № 1, с. 23-29. Рус.

На сегодняшний день существуют несколько способов определения свойств грунта, но для исследования грунта взвешенного объекта подобные способы не подходят. Однако существует направление ультразвукового бурения с целью изучения свойств грунтов взвешенных объектов, обнаружения ценных веществ в глубинных слоях или обеспечения максимальной скорости выполнения каналов на заданную глубину для закрепления посадочных модулей. Оптимальная реализация ультразвукового бурения требует непрерывного получения информации о процессе воздействия на грунт с неизвестными свойствами. С помощью всей добываемой информации имеется возможность обеспечить повышение эффективности процесса ультразвукового воздействия. Однако на сегодняшний день определение свойств среды в процессе воздействия ультразвука реализовано толь-

ко для жидкостей. В статье предложена и разработана модель взаимодействия ультразвукового пьезоэлектрического излучателя с грунтом, учитывающая ударно-контактный характер воздействия. Анализ модели позволил установить взаимосвязь механического импеданса грунта с его свойствами. Выведенная взаимосвязь может быть использована для определения свойств заранее неизвестного грунта в режиме реального времени в ходе ультразвукового бурения для создания бурильных устройств, гарантирующих оптимальное воздействие на широкий класс грунтов.

22.02-01.279 Распространяющиеся и стоячие волны Рэлея около шеренг заклепок, соединяющих пластины Кирхгофа. *Назаров С.А. Сибирский математический журнал.* 2021, 62, № 6, с. 1339-1356. Рус.

Показано, что около периодических шеренг заклепок, соединяющих две пластины Кирхгофа и моделируемых при помощи точечных условий сопряжения Соболева, возникают волны Рэлея, распространяющиеся вдоль шеренг, но экспоненциально затухающие в перпендикулярном направлении. При дополнительных геометрических условиях обнаружены стоячие (периодические) волны, которые не переносят энергию.

См. также **22.02-01.94**

Акустический мониторинг технологических процессов

См. **22.02-01.278**

Акустическая метрология и калибровка

22.02-01.280 Обеспечение единства акустических измерений в неразрушающем контроле. *Луговой В.А., Романко А.А., Шулатов А.В. Контроль. Диагностика.* 2021, 24, № 12, с. 42-45. Рус.

Представлена информация о созданной в Дальневосточном филиале ФГУП «ВНИИФТРИ» эталонной базе для метрологического обеспечения акустических измерений в твердых средах при проведении неразрушающего контроля акустическими методами. Приведены метрологические характеристики созданных эталонных средств разного уровня точности.

См. также **22.02-01.261**

Акустические стандарты

22.02-01.281 Сравнительный анализ российских и зарубежных нормативных требований к виброзащите оператора трактора. *Годжаев З.А., Годжаев Т.З., Ляшенко М.В., Шежовцов В.В., Искаев А.И. Известия МГТУ «МАМИ».* 2021, № 2, с. 2-8. Рус.

Рассмотрены основные требования российских и зарубежных нормативных документов по виброзащите рабочего места оператора колесных и гусеничных машин и выполнен их сравнительный анализ. Нормирование параметров общей вибрации на рабочих местах операторов тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин в нашей стране происходит согласно требованиям СН 2.2.4/2.1.8.566-96, ГОСТ 12.1.012-2004 и ГОСТ 12.2.019-2015. В качестве критериев оценки выделяются среднеквадратические значения виброускорений за определенный период воздействия в каждой октавной (третьоктавной) полосе частот. Они сравниваются на предмет соответствия с регламентируемыми значениями из определенного стандарта. На международном уровне объектом соответствия принят стандарт ISO 2631-1: 1997, который устанавливает требования вертикальной и горизонтальной вибрации с определенным временем воздействия на человека от 1 мин до 24 часов в диапазоне частот от 1 Гц до 80. В статье показано, что наиболее жесткие требования по уровню локальной вибрации установлены в Российской Федерации. Ими предусматривается четкая регламентация по виду выполняемых работ, длительности, величине, направлению действующих нагрузок и т.д. Относительно мягких требований придерживаются в большинстве стран Европы, кроме Польши, где ПДУ регулируется с учетом возраста, пола

и состояния человека. Кроме того, в нормативных документах большинства иностранных государств присутствуют два, а иногда и три показателя: пороговые (верхнее и нижнее) значения

и ПДУ. При достижении порогового значения обычно начинаются первичные меры по противодействию вредным факторам.

Акустика в медицинской практике

Ультразвук в медицинской диагностике. Сонография (УЗИ)

22.02-01.282 Оценка возможностей ультразвукового исследования первых плюснефаланговых суставов в диагностике подагрического артрита. *Пятых Е.А., Изранов В.А. Вестник Балтийского федерального ун-та. Естественные и медицинские науки.* 2021, № 3, с. 97-103. Рус.

Разнообразие вариантов течения подагрического артрита обуславливает необходимость поиска информативных и доступных в применении методов диагностики данного заболевания. Обнаружение кристаллов моноурата натрия в синовиальной жидкости сопряжено с определенными техническими сложностями. В связи с этим особую ценность приобретает ультразвуковая диагностика подагры. В статье поднимаются вопросы значимости ультразвуковой оценки суставов в диагностике подагрического артрита. Особенно перспективной представляется возможность оценки первых плюснефаланговых суставов как скрининговой области для исследования. В нашей работе обнаружена высокая частота выявления эхографических признаков подагры в данной области (даже при отсутствии клинических проявлений). Применение ультразвукового исследования первых плюснефаланговых суставов может быть рекомендовано на этапе дифференциальной диагностики подагрического артрита в клинической практике первичной специализированной помощи.

22.02-01.283 Интраоперационное ультразвуковое доплерографическое исследование ткани и сосудов коры головного мозга в зоне перифокального отека глиальных опухолях головного мозга. *Каримов Ж.М. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана.* 2020, № 12, с. 52-57. Рус.

Впервые в условиях клиники нейрохирургии проведена интраоперационная доплерография сосудов коры головного мозга в зоне перифокального отека и в зоне интактных участков мозга. Изучены и дан сравнительный анализ о состоянии сосудов коры головного мозга в зоне перифокального отека и в интактной зоне при глиальных опухолях, в частности нарушения мозгового кровообращения и анатомические изменения в самих сосудах. А также дана оценка за состоянием анатомических структур и нарушения архитектоники коры головного мозга в интактных участках и зоне перифокального отека. Из-за выраженных изменений в зоне перифокального отека нарушается перфузионное давление и линейный кровоток в корковых сосудах, нарушается проницаемость стенки сосудов выходом протеина и воды в межклеточное пространство создавая условия гипергидратации, появляются сосудистые конволуты. Этиопатогенетическим причинам всех этих нарушений являются очаговые поражения головного мозга, в частности вне мозговые и внутримозговые опухоли. Несмотря на множественных работ, патогенез отека и зона перифокального отека головного мозга остаётся не решенной задачей в области нейрохирургии.

22.02-01.284 Современные методы факофрагментации при ультразвуковой факоэмульсификации катаракты. *Вотбаев А.А., Медведев М.А. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана.* 2021, № 1, с. 55-58. Рус.

Описываются различные методы удаления катаракты в целом и фрагментации ядра хрусталика в частности. В современной офтальмохирургии «золотым стандартом» лечения катаракты является ультразвуковая факоэмульсификация (ФЭК), суть которого заключается в применении ультразвука для фрагментации и последующего удаления частиц ядра хрусталика. Однако длительная экспозиция ультразвука имеет свои отрицательные стороны, приводящие к некоторым осложнениям во

время операции и послеоперационном периоде. Поэтому применение механической факофрагментации для разделения ядра хрусталика при ФЭК снижает время экспозиции ультразвука, что позволит снизить отрицательное влияние ультразвука на структуры глаза и уменьшить количество послеоперационных осложнений. Комбинированная ультразвуковая факоэмульсификация с использованием новых инструментов для механической факофрагментации является актуальным направлением в современной офтальмохирургии.

22.02-01.285 Возможности ультразвукового исследования у пациентов с патологией височно-нижнечелюстного сустава. *Мырзабеков Э.М., Надырбекова А.Н. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана.* 2021, № 2, с. 50-53. Рус.

Диагностика и лечение височно-нижнечелюстных расстройств (ВНЧС) требуют, как клинического, так и визуального исследования височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Ультразвуковое исследование (УЗИ) — не инвазивное, динамический, недорогой метод визуализации, который может быть полезен при диагностике смещения диска ВНЧС. Изучены результаты ультразвукового метода исследования у пациентов с патологией ВНЧС. Исследованы 20 пациентов (10 женщин и 10 мужчин), в возрасте от 19 до 40 лет. Критерием отбора пациентов служили жалобы на дисфункцию ВНЧС такие как: хруст, щелчок, девиация и дефлексия при открывании рта, боли в области ВНЧС и жевательных мышц. Проводилась УЗИ визуализация головки, диска, капсулярно-связочного и мышечного аппарата ВНЧС. Полученные количественные и качественные данные обрабатывали с помощью программ «Microsoft Excel» для Office XP, «SPCC». У пациентов основной группы (20 человек) выявлены качественные и количественные изменения в сравнении с группой контроля: так у пациентов с чистой вентральной дислокацией суставного диска на УЗИ дистальный край суставного диска был смещен вентрально и не касался линии, проведенной из воображаемого центра через верхнелатеральную точку головки к капсуле сустава, а размеры медиально-латерального и дистально-латерального структур диска были идентичны, как в группе контроля ($6,07 \pm 0,25$).

22.02-01.286 Особенности течение беременности у женщин проживающих в условиях высокогорья и влияния радиационного и ультразвукового излучений на организм беременной женщины на фоне артериальной гипотонии. *Субанова А.И., Касиева Г.К. Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана.* 2021, № 4, с. 205-209. Рус.

Рассмотрены особенности течения беременности у женщин с артериальной гипотонией и воздействие радиационного и УЗИ-исследования на беременность у женщин, проживающих в условиях высокогорья ЧонАлайского района Ошской области и г. Ош. Проведены измерения гемоглобина во время беременности, родов и в послеродовом периоде, а также проведены наблюдения, беседы и опрошены беременные женщины проходящие УЗИ-сканирование, а также часто использующие телефоны. Для сравнения результатов, исследуемых разделили на 3 группы. 1 группа здоровые, 20 женщин, 2 группа — с гипотонией, 20 женщин, 3 группа — с гипотонией и анемией, 20 женщин и столько же группа женщин исследована в г. Ош.

22.02-01.287 Эритроцит в поле пучка лазерного пинцета. *Ермолинский П.В., Луговцов А.Е., Семенов А.Н., Приезжев А.В. Квантовая электроника.* 2022. 52, № 1, с. 22-27. Рус.

Рассмотрено воздействие остросфокусированного лазерного пучка с длиной волны 1064 нм и мощностью от 10 до 160 мВт на эритроциты при их оптическом захвате лазерным пинцетом. Установлено, что форма эритроцита, изменяющаяся после оп-

тического захвата, перестает изменяться при длительности захвата менее 5 мин и мощности лазерного пучка менее 60 мВт. При мощности пучка свыше 80 мВт эритроцит начинает складываться при длительности захвата около 1 мин, а при мощностях выше 100–150 мВт мембрана эритроцита разрывается через 1–3 мин оптического захвата. Также обнаружено, что при многократном кратковременном захвате эритроцита в оптическую ловушку изменяются деформационные свойства мембраны: она становится более жесткой. Полученные результаты важны как для понимания механизмов взаимодействия лазер-

ного пучка с эритроцитами, так и для оптимизации методики проведения оптических экспериментов, особенно для измерения деформационных свойств мембраны с помощью лазерных пинцетов.

См. также **22.02-01.221**

Ультразвук в хирургии и терапии

См. **22.02-01.282**

Акустика в инженерном деле

22.02-01.288 Радиозвук. Механизм воздействия модулированного высокочастотного сигнала на вещество. *Кыдырбаева Д.А., Тамбовцев В.И., Железняк И.Л. Радиолокация, навигация, связь. XXII международная научно-техническая конференция. Том 3. Воронеж, 19–21 апреля 2016 г.* Воронеж: НПФ САКВОЕЕ. 2016, с. 1478-1483. Рус.

Работа относится к области электромагнитной совместимости. Анализируется микроволновый звуковой эффект как наблюдаемое явление преобразования высокочастотного радиосигнала в акустические колебания. В статье представлены исследования возможных эффектов прямого воздействия высокочастотного поля в физиотерапии. Рассматриваются и анализируются механизмы взаимодействия модулированного высокочастотного сигнала со слабо поглощающим веществом с целью обнаружения акустического эффекта.

22.02-01.289 Интересная физика на улице и в метро. *Шавруков Ю.М. Физическое образование: от прошлого к будущему Санкт-Петербург, 20–21 апреля. Материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием памяти проф. Н.М. Кожеевникова.* СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". 2017, с. 206-209. Рус.

Эффект шепчущей галереи (ЭШГ), первоначально открытый в акустическом диапазоне и объясненный в 1910 году Рэлеем, в настоящее время активно исследуется в фотонике, в СВЧ и рентгеновском диапазонах. Для студентов младших курсов знакомство с ЭШГ правильнее начинать с акустического варианта. В сообщении приводятся краткие сведения о наиболее известных объектах ЭШГ. Большинство таких мест находится за пределами России. В Москве таким известным местом является метро «Маяковская». После обнаружения в новом помещении кафедры физики МГТУ им. Баумана деталей интерьера, которые качественно выполняли функции стенда ЭШГ, стало крайне интересно, где ещё в Москве можно наблюдать ЭШГ. Результаты поисков студентами второго курса в московском метро и не только приведены в сообщении.

22.02-01.290 Задача оптимального управления колебаниями мембраны с неразделенными многоточечными условиями в промежуточные моменты времени. *Барсегян В.Р. Известия Российской академии наук. Механика твердого тела.* 2022, № 3, с. 78-87. Рус.

Рассмотрена задача оптимального управления колебаниями прямоугольной мембраны с заданными начальным, конечным условиями и неразделенными многоточечными условиями в промежуточные моменты времени и с критерием качества, заданным на всем промежутке времени. Методом разделения переменных задача сводится к задаче оптимального управления обыкновенных дифференциальных уравнений с заданными начальными, конечными и неразделенными многоточечными промежуточными условиями. Сформулировано необходимое и достаточное условие вполне управляемости. Используя методы теории оптимального управления конечномерными системами с неразделенными многоточечными промежуточными условиями построено оптимальное управляющее воздействие.

22.02-01.291 Влияние давления окружающей среды на низшую частоту колебаний пластины. *Ильгамов М.А., Хажимов А.Г. Известия Российской академии*

наук. Механика твердого тела. 2022, № 3, с. 88-96. Рус.

Определяется низшая частота изгибных колебаний пластины, контактирующей с жидкостью или газом. Дается вывод выражения распределенной поперечной нагрузки на пластину в предположении ее цилиндрического изгиба. Поверхности пластины контактируют со средой разной плотности и давления. Среда может быть сжимаемой в процессе деформации поверхности и несжимаемой. Определяется влияние на изгиб взаимодействия среднего давления и изменения кривизны срединной поверхности, а также присоединенной массы газовой среды.

22.02-01.292 Параметрическое управление колебаниями поплавка. *Байдулов В.Г. Известия Российской академии наук. Механика твердого тела.* 2022, № 3, с. 132-140. Рус.

Исследована возможность параметрического управления характеристиками колебаний (амплитудой и частотой) симметричного тонкого протяженного плоского поплавка, колеблющегося около поверхности раздела двух тяжелых идеальных жидкостей, за счет изменения его формы (относительной высоты). Проведен анализ влияния формы тела на характеристики колебаний. Предложена численная и асимптотическая процедуры решения самосогласованной краевой задачи.

22.02-01.293 Ультразвуковое исследование поведения конструкционных материалов при циклическом нагружении. *Мотова Е.А., Никитина Н.Е. Проблемы прочности и пластичности.* 2015, 77, № 3, с. 227-234. Рус.

Изучены возможности использования эхо-метода неразрушающего контроля с применением сдвиговых волн для исследования упругопластических свойств и поврежденности конструкционного материала в процессе его усталостного разрушения. Приведены результаты экспериментальных исследований влияния пластической деформации и циклического нагружения на структурное состояние и прочностные свойства стальных и дюралюминиевых образцов. В качестве информативного параметра ультразвукового контроля использована величина акустической анизотропии материала, то есть относительная разница скоростей (задержек) взаимно перпендикулярно поляризованных сдвиговых волн, распространяющихся перпендикулярно линии нагружения. Найдены экспериментальные зависимости между степенью усталости материала образца, характеризующейся увеличением пластической деформации и накоплением микротрещин, приводящих к развитию макротрещины, и его акустическими свойствами. Закономерности изменения параметра акустической анизотропии, выявленные при малоциклоловой усталости стальных образцов, сохраняются и для дюралюминиевых образцов при гармоническом нагружении. Таким образом, показана возможность выявления неразрушающим акустическим методом как момента начала интенсивного трещинообразования (по началу уменьшения параметра акустической анизотропии), так и момента начала интенсивного разрушения, то есть возникновения макротрещин (по прекращению уменьшения измеряемого параметра).

22.02-01.294 Численный анализ ударопрочности и термостойкости авиационного контейнера РАТ-2. *Рябов А.А., Романов В.И., Куканов С.С., Спиридонов В.Ф., Циберев К.В. Проблемы прочности и пластичности.* 2016, 78, № 1, с. 101-111. Рус.

Контейнер РАТ-2 для транспортировки, в том числе воздушным транспортом, малых количеств урана или плутония разработан и экспериментально исследован в Сандийских национальных лабораториях США. Полученная при проведении испытаний информация может быть использована для верификации и валидации компьютерных программ численного моделирования динамического деформирования и анализа термостойкости конструкции. В статье представлены результаты численных исследований напряженно-деформированного и теплового состояний контейнера РАТ-2 при комплексном аварийном термосиловом нагружении: удары о жесткую преграду со скоростью более 130 м/с под различными углами и авиационный пожар длительностью 1 час с температурой 1010 °С. Анализ термостойкости конструкции в пожаре выполнен с учетом изменения формы и теплофизических свойств материалов контейнера после соударений с преградой. Численные исследования проведены на основе детальных компьютерных моделей с помощью высокопараллельного пакета программ ЛОГОС, разрабатываемого в Российском федеральном ядерном центре — Всероссийском научно-исследовательском институте экспериментальной физики. Достоверность компьютерного моделирования подтверждается близостью результатов расчетов и экспериментальных данных.

22.02-01.295 Об идентификации характеристик функционально-градиентного пьезокерамического цилиндра. Богачев И.В., Ватульян А.О. *Проблемы прочности и пластичности.* 2018. 80, № 1, с. 53-62. Рус.

Рассмотрена обратная задача определения пьезоэлектрических характеристик функционально-градиентного пьезокерамического цилиндра на основе данных акустического анализа при установившихся колебаниях, вызванных механической нагрузкой, приложенной к внешней грани. Неизвестными считались функции пьезоэлектрических характеристик при неоднородной поляризации цилиндра в случае, когда модули упругости неполяризованной керамики являются известными функциями. В качестве дополнительной информации использовались значения функции смещения в некоторой точке поверхности цилиндра в заданном частотном диапазоне. Для решения обратной задачи предложен специальный подход на основе проекционных схем и метода алгебраизации, позволяющий определять искомые функции-характеристики в виде разложений по системам независимых функций. Искомые коэффициенты разложений определялись из соответствующих систем линейных и нелинейных уравнений, получаемых с использованием слабых постановки задачи. Результаты решения обратной задачи проиллюстрированы вычислительными экспериментами.

22.02-01.296 Оценка вибронгруженности сиденья водителя на примере модели грузового автомобиля с детальной проработкой элементов подвески кабины. Горобцов А.С., Карцов С.К., Поляков Ю.А. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки.* 2021, № 10, с. 159-161. Рус.

Построение динамической модели грузового автомобиля с детальной проработкой элементов подвески кабины позволило осуществить оценку жесткостных параметров стабилизатора, а также шарниров рычагов передней подвески кабины на уровень вибраций на сиденье водителя при случайном воздействии со стороны дорожной поверхности.

22.02-01.297 Атомистическое моделирование сосуществования фазовых состояний жидкость—пар для золота и определение критических параметров. Маэжужин В.И., Королева О.Н., Демин М.М., Шапранов А.В., Алексахина А.А. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 3, с. 101-116. Рус.

Работа посвящена исследованию (на примере золота) свойств металлов в окрестности критической точки. Многолетние исследования свидетельствуют о сложности проблемы и её важности как для построения теоретических представлений о поведении метастабильных состояний сильно перегретой жидкой фазы металлов, так и для разработки ряда технологических приложений в области материаловедения, воздействия конденсированных потоков энергии на вещество и др. Метастабиль-

ные состояния перегретой жидкости и насыщенного пара в окрестности критической точки изучены недостаточно полно. При приближении к критической точке свойства веществ резко изменяются из-за сильной стохастической флуктуации параметров (в первую очередь плотности). Актуальным инструментом определения критических параметров являются методы молекулярной динамики. Для золота с их помощью была получена кривая сосуществования жидкость—пар, которая затем использовалась для определения критических параметров: температуры, плотности и давления. В расчётах в качестве потенциала взаимодействия частиц использовался потенциал семейства “погруженного атома” (ЕАМ). Значение критической температуры T_{cr} определялось по результатам МД моделирования с использованием метода максимального размера усреднённого кластера на температурной кривой, проходящей через критическую область. Значение критического давления P_{cr} получено по результатам МД моделирования из температурной зависимости давления насыщенного пара $P_{sat}(T)$. Значение критической плотности ρ_{cr} получено по результатам МД моделирования кривой сосуществования жидкость—пар с использованием эмпирического правила прямолинейного диаметра. Проведено сравнение результатов моделирования данной работы с результатами оценки критических параметров золота другими авторами, использующими различные подходы.

22.02-01.298 Акустический расчет системы оповещения для аварийной сигнализации (Акустичний розрахунок системи сповіщення для аварійної сигналізації). Rudenko R. V., Lupova S. A. *Микросистеми, Електроніка і Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Електроніка і Связь укр.)* 2019. 24, № 1, с. 53-60. Рус.

Статья посвящена створенню методики та програмного забезпечення для акустичного розрахунку систем сповіщення. Проаналізовано існуючі методи розрахунків систем сповіщення. Розглянуто задачу створення заданого акустичного поля масивом сповіщувачів. Відповідно до запропонованої методики, розроблено програмне забезпечення на базі Java — «акустичний калькулятор». Достовірність результатів підтверджена розрахунками, виконаними «методом координат», та експериментальними вимірюваннями значень звукового тиску. Розробка дозволяє обрати кількість та схему встановлення сповіщувачів для забезпечення достатнього рівня прямого звуку.

22.02-01.299 Нахождение физических параметров электродинамического преобразователя методом использования параметра VL и методом добавленной массы (Знаходження фізичних параметрів електродинамічного перетворювача методом використання параметра VL та методом доданої маси). Volkov D. D. *Микросистеми, Електроніка і Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Електроніка і Связь укр.)* 2019. 24, № 6, с. 65-68. Рус.

У даній статті представлені результати практичного порівняння двох методів знаходження фізичних параметрів електродинамічного перетворювача. Перший — класичний метод за допомогою доданої маси. Другий — запропонований метод оснований на використанні параметра VL. Розглянуті переваги та недоліки кожного з двох методів, а також похибки знайдених параметрів та їхня обґрунтованість.

22.02-01.300 Многомасштабное моделирование кислотного воздействия на карбонатный пласт. Каневская Р.Д., Новиков А.В. *Известия РАН. Механика жидкости и газа.* 2022, № 2, с. 51-65. Рус.

Рассматривается задача соляно-кислотного воздействия на карбонатную породу на нескольких масштабах. На масштабе зерна рассматривается задача двухфазной многокомпонентной фильтрации по закону Дарси с химическими превращениями. Исследуются режимы закачки кислоты в керн, приводящие к образованию червоточин. Данное исследование позволяет определить динамику роста червоточин при различных параметрах кинетики реакции, скоростях закачки и для различных распределений проницаемости. Полученные зависимости используются в крупномасштабной модели кислотного гидроразрыва пласта (КГРП), которая также включает в себя модель двух-

фазной многокомпонентной фильтрации с химическими превращениями в пористой среде и модель распространения кислоты по трещине. Моделируется дополнительный вклад червоточин в проводимость. На основе предложенной модели выполнен ряд расчетов КГРП, исследован эффект учета червоточин в предложенной крупномасштабной модели, изучено влияние определяющих параметров процесса, таких как длина трещины, проницаемость пласта и темпы нагнетания раствора на эффективность воздействия, оцениваемую через продуктивность скважины после операции.

22.02-01.301 Собственные колебания жидкости в скважине, сообщающейся с пластом, при наличии трещины ГРП. Башмаков Р.А., Насырова Д.А., Шагапов В.Ш. Прикл. мат. и мех. 2022. 86, № 1, с. 88-104. Рус.

Проводится анализ собственных колебаний столба жидкости в нефтяной скважине, инициируемых гидроударом с учетом фильтрационных течений вблизи забоя скважины и по вертикальной трещине ГРП. Изучены зависимости частоты, коэффициента затухания собственных колебаний давления от значений проницаемости пласта и трещины ГРП. Проведено сравнение частотных характеристик, коэффициента затухания, декремента затухания при наличии и отсутствии трещины ГРП. Показана возможность практического применения полученных результатов.

22.02-01.302 Изучение особенностей дифракции рентгеновских лучей в кристалле кварца, модулированном продольными и поперечными ультразвуковыми колебаниями. Элювич Я.А., Благов А.Е.,

Кочарян В.Р., Гоголев А.С., Таргонский А.В., Мовсисян А.Е., Коржов В.А., Мкртчян А.Г., Ковальчук М.В. Письма в ЖЭТФ. 2022. 115, № 3, с. 170-175. Рус.

Исследованы особенности одновременного воздействия продольных и толщинных ультразвуковых колебаний в кристалле кварца на параметры отраженного рентгеновского излучения. Показано, что при таком воздействии наблюдается как эффект рентгеноакустической переборки, заключающийся в увеличении интенсивности дифрагированного кристаллом излучения при возбуждении поперечных колебаний с линейной поляризацией, так и уширение кривой дифракционного отражения, возникающее вследствие формирования стоячей волны в кристалле при продольных колебаниях. Впервые продемонстрирована возможность управления сразу несколькими ключевыми параметрами рентгеновского излучения с помощью одного кристалла, при этом поперечные колебания позволяют варьировать интенсивность дифрагированного излучения, а продольные колебания дают возможность контролируемо изменять угловую перестройку дифрагированного кристаллом рентгеновского пучка.

22.02-01.303 Работы по лазерной биофотонике. Приезжев А.В., Тучин В.В., Луговцов А.Е., Кириллин М.Ю. Квантовая электроника. 2022. 52, № 1, с. 1. Рус.

См. также **22.02-01.94, 22.02-01.142, 22.02-01.196, 22.02-01.197, 22.02-01.208, 22.02-01.209, 22.02-01.210, 22.02-01.211, 22.02-01.232, 22.02-01.249, 22.02-01.251, 22.02-01.252, 22.02-01.259, 22.02-01.267, 22.02-01.268, 22.02-01.276, 22.02-01.277, 22.02-01.279**

Физика

22.02-01.304 Влияние наводимого на поверхности солнечного паруса электрического заряда на динамику паруса при движении по цандеровской траектории. Яковлев А.Б. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 180-181. Рус.

22.02-01.305 Об одном неустрашимом релятивистском парадоксе. Леус В.А. Прикладная физика и математика. 2022, № 1, с. 3-5. Рус.

Противоречия, присущие релятивистской динамике, проявляются на примере механических систем циклического действия. В предлагаемой статье исследован вариант ситуации, имеющей место в движущейся ремённой трансмиссии. Показано, что возникающая в ходе разгона неевклидовость внутренней геометрии этой механической системы оставляет в силе подлинный парадокс. Ключевые слова: специальная теория относительности, общая теория относительности, эффект Белла, циклический механизм, неустрашимый парадокс.

22.02-01.306 О восстановлении функциональных коэффициентов в модели динамики квазистабильной популяции. Щеглов А.Ю., Нетесов С.В. Мат. моделир. 2022. 34, № 3, с. 85-100. Рус.

Для модели популяционной динамики с возрастным структурированием в квазистабильном варианте рассматривается обратная задача восстановления двух коэффициентов модели: зависящей только от времени и равномерной по возрасту клеток интенсивности смертности клеток, входящей в уравнение переноса, и плотности репродуктивности клеток, зависящей только от их возраста, располагающейся в нелокальном граничном условии интегрального вида. Для определения в рамках постановки обратной задачи двух искоемых коэффициентов модели требуется дополнительное задание решения прямой задачи при фиксированных значениях одного из его аргументов. Формулируются и доказываются теоремы единственности решений обратных задач определения коэффициентов в уравнении и в граничном условии. При этом предварительно устанавливаются свойства решения прямой задачи и условия её разрешимости. Получаемые при анализе постановок прямой и обратных

задач интегральные формулы позволяют организовать для численных решений прямой задачи и обратных задач итерационные алгоритмы различного вида для получения приближённых решений задач. Возможности использования такого итерационного численного решения коэффициентных обратных задач должны быть увязаны с некорректным характером обратных постановок.

22.02-01.307 О возможном механизме землетрясений. Уруцкоев Л.И. Прикладная физика. 2000, № 4, с. 55-61. Рус.

Обсуждается возможные физические механизмы, которые могут играть роль “спускового крючка” при землетрясениях. В качестве гипотезы рассмотрена возможность существования аналога Зеeman эффекта в гравитационном поле. На основе гипотетического эффекта предпринята попытка качественного рассмотрения землетрясения как выхода гравитационных волн на дневную поверхность.

22.02-01.308 Импульсные плазменные двигатели в системах управления космических аппаратов. Антропов Н.Н., Дьяконов Г.А., Покрышкин А.И., Попов Г.А., Казеев М.Н., Ходченко В.П. Прикладная физика. 2002, № 1, с. 37-47. Рус.

Импульсные плазменные двигатели (ИПД) представляют интерес для использования в системах управления КА. В работе рассмотрены задачи управления аппаратами, существенно отличающимися по массам и рабочим орбитам, и, следовательно, по требованиям, предъявляемым к бортовым двигательным установкам (БДУ). Показано, что абляционные ИПД могут быть использованы в качестве основных двигателей системы управления угловым положением тяжелого орбитального КА массой до 2500 кг. В одном из вариантов БДУ, обеспечивающая одновременно ориентацию (переориентацию) и прецизионную стабилизацию его углового положения, с компенсацией действующих на аппарат возмущающих моментов, состоит из шести ИПД, каждый из которых потребляет за один разряд энергию 150 Дж. Полная масса такой БДУ не превышает 75 кг. Рассмотрено использование ИПД для прецизионного поддержания орбитальных параметров солнечно-синхронной орбиты КА массой 250 кг. При этом БДУ на базе ИПД решает задачи

установки КА на рабочую орбиту, стабилизации периода его обращения с точностью не хуже 0,001с и углового положения. Задача может быть решена восемью ИПД с энергопотреблением каждого двигателя 20—40 Дж. Полная масса БДУ не превысит 25—30 кг.

22.02-01.309 Анализ влияния ограничительных факторов в методе дифференциального рассеяния при контроле поверхностных неоднородностей субнанометрового уровня профилей оптических деталей. Денисов Д.Г. *Прикладная физика*. 2022, № 1, с. 89-96. Рус.

Для достижения высоких технологических показателей качества различных оптических деталей нового поколения, необходим не только современный подход к методам и средствам обработки деталей, но и реализация перспективных высокоточных бесконтактных методов диагностики. Особое внимание в единой технологической цепочке занимают стадии глубокой полировки, когда высотные статистические параметры профилей достигают нано- и субнанометровых уровней. Для диагностики высотных статистических параметров субнанометрового уровня на сегодняшний день применяются различные классы оптико-электронных приборов и систем. Наибольший интерес в задачах высокоточного аттестационного контроля представляют такие перспективные приборы и системы, как: динамические интерферометры, а также приборы, позволяющие оценивать среднеквадратическое значение поверхностных неоднородностей субнанометрового уровня по данным анализа индикатрисы рассеянного лазерного излучения. В мировой практике методы, основанные на анализе индикатрис рассеянного лазерного излучения, классифицируются на: методы полного интегрального рассеяния (TIS — Total Integrated Scattering), методы определения функции распределения коэффициента отражения по двум угловым координатам (метод определения характеристики BRDF — Bidirectional Reflectance Distribution Function), методы дифференциального рассеяния (ARS — Angle-Resolved Scattering). Анализ влияния ограничительных факторов в методе дифференциального рассеяния позволяет определить его систематическую погрешность и повысить точность измерения.

22.02-01.310 Оценка кривизны и архитектура Парфенона. Бондарко В.М., Солнушкин С.Д., Чижман В.Н. *Оптический журнал*. 2021. 88, № 6, с. 58-67. Рус.

Получены оценки кривизны в иллюзии Вундта—Геринга (иллюзия веера) в горизонтальной и вертикальной ориентации для слегка вогнутых и выпуклых, а также прямых линий. Эти оценки сравнили с оценками кривизны мысленно проведенных (интерполированных) линий через точки, находящиеся на лучах веера, а также с оценками кривизны аналогичных линий в отсутствие изображения веера. Показано, что оценки кривизны реальных и мысленно проведенных через точки пересечения с веером линий разные и зависят от ориентации стимулов. Отличаются от них и оценки, полученные для кривизны реальных и интерполированных линий в отсутствие изображения веера. Двумерные проекции здания Парфенона имеют выпуклые горизонтальные и вертикальные линии, хотя храм воспринимается идеально прямолинейным. Выявленные нами искажения восприятия кривизны нивелируют искривленность линий в архитектуре Парфенона, «курватура» которого, по нашему мнению, связана с иллюзией Вундта—Геринга и иллюзией наклона.

22.02-01.311 Изготовление высокооборотных кристаллических микрорезонаторов с модами шепчущей галереи с использованием точечного алмазного точения. Миньков К.Н., Лихачев Г.В., Павлов Н.Г., Данилин А.Н., Шитиков А.Е., Юрин А.И., Лоншаков Е.А., Булыгин Ф.В., Лобанов В.Е., Виленко И.А. *Оптический журнал*. 2021. 88, № 6, с. 84-92. Рус.

Разработана и описана методика изготовления высокооборотных кристаллических оптических микрорезонаторов с модами шепчущей галереи путём алмазного точения и последующей асимптотической абразивной полировки. Методика позволяет изготавливать микрорезонаторы с заданной геометрией и добротностью не ниже 10^7 . Приведено пошаговое описание процедуры изготовления, определены важные параметры, обеспечивающие оптимальное качество поверхности изготавливаемых

микрорезонаторов, описаны процедуры контроля основных характеристик и дан обзор результатов изготовления микрорезонаторов из различных материалов.

22.02-01.312 Авроральное километровое радиоизлучение как средство диагностики свойств магнитосферы. Чернышов А.А., Чугунин Д.В., Могилевский М.М. *Письма в ЖЭТФ*. 2022. 115, № 1, с. 28-34. Рус.

В представленной работе авроральное километровое радиоизлучение (АКР) используется как средство дистанционной диагностики процессов в магнитосфере Земли. Используя спутниковые данные и спектр флуктуаций АКР на различных частотах, мы изучаем фрактальные свойства авроральной области магнитосферы в зависимости от высоты источника и частоты генерации излучения. По скейлингу определены фрактальные характеристики (показатель Херста и фрактальная размерность) среды в области генерации АКР и их динамика изменения в зависимости от высоты и частоты. Показано, что с увеличением высоты (или, что то же самое, с уменьшением частоты сигнала) увеличивается значение скейлинга и показателя Херста, в то время как фрактальная размерность уменьшается с высотой. Полученные значения скейлинга и фрактальных параметров указывают на то, что рассматриваемые процессы обнаруживают дальние взаимодействия.

22.02-01.313 Применение модифицированного метода Дюге для измерения лоренцевского сокращения длины движущегося тела. Малыгин Г.Б. *УФН*. 2021. 191, № 10, с. 1117-1121. Рус.

Из преобразований Лоренца следует, что для неподвижного наблюдателя время в движущейся инерциальной системе отсчёта замедляется, а линейные размеры сокращаются. Если первый эффект был зарегистрирован более 80 лет назад, то второй до сих пор непосредственно не зарегистрирован. Предложено использовать модифицированный метод Дюге для измерения лоренцевского сокращения длины движущегося тела с помощью распространения световых импульсов в оптической среде — жидкости. Рассмотрены три варианта схемы измерений: со «световым квадратом» в оптической среде, со «световой линейкой» в двух оптических средах с различным показателем преломления, а также с двумя релятивистскими спутниками электронов в вакууме. Показано, что ранее не рассмотренный классический эффект сжатия пространственных интервалов между световыми импульсами в оптической среде существенно снижает точность измерения. Показано также, что обусловленное различным запаздыванием света от различных участков движущегося тела искажение сторон светового квадрата, ориентированных ортогонально направлению движения, также снижает точность измерения методом «светового квадрата».

22.02-01.314 Поправки и дополнения к статье Малыгин Г.Б. «Применение модифицированного метода Дюге для измерения лоренцевского сокращения длины движущегося тела» (УФН, октябрь 2021 г., т. 191, № 10, с. 1117-1121). Малыгин Г.Б. *УФН*. 2022. 192, № 2, с. 232. Рус.

Проведено исправление опечаток, введены поправки и дополнения на стр. 1119. DOI: <https://doi.org/10.3367/UFN.2022.01.039146>.

22.02-01.315 Повреждаемость ниобия импульсными потоками ионов гелия и гелиевой плазмы. Пименов В.Н., Боровицкая И.В., Дёмин А.С., Епифанов Н.А., Латышев С.В., Масляев С.А., Морозов Е.В., Сасиновская И.П., Бондаренко Г.Г., Гайдар А.И. *Физика и химия обработки материалов*. 2021, № 6, с. 5-17. Рус.

Исследована повреждаемость ниобия импульсными потоками ионов гелия (ИГ) и гелиевой плазмы (ГП) в установке Плазменный фокус (ПФ) при плотности мощности потоков соответственно $q_i \sim 10^8$ Вт/см² и $q_i \sim 10^7$ Вт/см² и длительности импульсов $\tau_i \approx 30-50$ нс и $\tau_p \approx 100$ нс. В реализованном режиме облучения наблюдается эрозия материала, связанная с испарением поверхностного слоя (ПС), которое происходит несколько более интенсивно в центральной части зоны облучения под действием наиболее высокоэнергетичных потоков ИГ и ГП. Выявлены характерные факторы повреждаемости ПС ниобия в рассматриваемых условиях облучения. К ним относятся: плавление поверхностного слоя с образованием волнообразного ре-

льфе поверхности и большого количества блистеров двух видов — газонаполненных и с разрушенными оболочками, а также наличие микротрещин. Возникновение блистеров связано с формированием комплексов на основе соединения имплантированного гелия с вакансиями и атомами примесей внедрения (С, О, N и др.) и последующим их ростом и коагуляцией в жидкой фазе при импульсных воздействиях потоков энергии на облучаемую поверхность Nb. Часть микротрещин, образованных в ПС под действием термических напряжений, совпадает с линиями скопления материала, возникающими под действием высокоскоростной пластической деформации. Сетка таких микротрещин создает на поверхности Nb блочную структуру. В облученном поверхностном слое ниобия обнаружены зоны столбчатых кристаллов и ячеистая микроструктура поверхности, в которой средний размер ячеек составляет ~ 100 нм. Методом численного моделирования показано, что в указанных зонах процесс затвердевания ПС протекал посредством направленной кристаллизации с высокой скоростью, которая вблизи

облученной поверхности достигала ~ 35 м/с.

22.02-01.316 Измерение эффекта удвоения гравитационного смещения частоты с помощью квантового нивелира на водородных часах. *Фатеев В.Ф., Смирнов Ф.Р., Рыбаков Е.А.* Письма в Журнал технической физики. 2022. 48, № 7, с. 36-38. Рус.

Впервые измерен эффект удвоения гравитационного смещения частоты в гравитационном поле Земли в системе стационарных и перевозимых водородных квантовых часов с нестабильностью $1 \cdot 10^{-15}$. Часы разнесены по высоте на 34 м и соединены радиоканалом на основе оптического волокна. Измеренный относительный удвоенный эффект "красного" смещения на этой высоте составил $\Delta f_{GR}/f_{ref} = (-7.73 \pm 1.61) \cdot 10^{-15}$. Ключевые слова: гравитационный эффект замедления времени, гравитационное смещение частоты, квантовые водородные часы.

См. также **22.02-01.72**, **22.02-01.297**, **22.02-01.303**

Астрономия

22.02-01.317 Путешествие внутри чёрной дыры. *Чубов Д.Г., Часовской А.* Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г. Ставрополь: АГРУС. 2019, с. 218-223. Рус.

22.02-01.318 К вопросу о движении спутника Земли после фиксирования величины его ускорения как к задаче с неголономной связью третьего порядка. *Додонов В.В., Козлова А.С.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 97-98. Рус.

Ключевые слова: неголономная связь, связи высокого порядка, движение спутника, постоянное ускорение, программа движения, обобщенный принцип Гаусса.

22.02-01.319 Особенности применения динамических гасителей колебаний для сейсмозащиты зданий и сооружений. *Нестерова О.П., Уздин А.М., Федорова М.Ю.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 119-121. Рус.

Ключевые слова: сейсмические воздействия, динамический гаситель колебаний большой массы, критическая масса.

22.02-01.320 Об управлении спутником в точках либрации без измерения скоростей. *Андреев А.С., Пергудова О.А., Петровичева Ю.В.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 139-141. Рус.

22.02-01.321 Об устойчивости точки либрации Π в плоской ограниченной круговой фотогравитационной задаче трёх тел при наличии резонансов. *Бардин Б.С., Авдюшкин А.Н.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 141-143. Рус.

22.02-01.322 Анализ устойчивости и бифуркаций центральных конфигураций в ограниченной плоской круговой задаче четырех тел. *Бардин Б.С., Волков Е.В.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 143-145. Рус.

22.02-01.323 О влиянии градиентности геомагнитного поля на управление электродинамической тросовой системой. *Дериглазов А.П., Тихонов А.А.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике.

СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 145-147. Рус.

22.02-01.324 Эволюция орбит во внутренней круговой ограниченной задаче трёх тел со световым давлением. *Доброславский А.В.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 147-148. Рус.

22.02-01.325 Стабилизация стационарных движений спутника при помощи магнитных моментов. *Каленова В.И., Морозов В.М., Рак М.Г.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 148-150. Рус.

22.02-01.326 Об одной упрощенной модели эволюции гравитирующих масс. *Косенко И.И., Сальникова Т.В., Степанов С.Я.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 150-152. Рус.

22.02-01.327 Поступательно-вращательное движение осесимметричного спутника переменной массой и размера в нестационарном центральном гравитационном поле. *Минглибаев М.Дж., Вижанова С.В.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 152-154. Рус.

22.02-01.328 Новые нестационарные треугольные и прямолинейные решения классической круговой ограниченной задачи трёх тел. *Минглибаев М.Дж., Жумабек Т.М.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 154-156. Рус.

22.02-01.329 Об использовании электромагнитной индукции для бесконтактного захвата объекта космического мусора. *Патель И.К., Тихонов А.А.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 156-158. Рус.

22.02-01.330 Структурные особенности фотогравитационной небесной механики. *Поляхова Е.Н., Королев В.С., Потоцкая И.Ю., Степенко Н.А., Турецкиев А.Т.* IX Полязовские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 158-160. Рус.

22.02-01.331 Импульсное управление опасным астероидом в области резонанса 1:1. *Прошкин В.А., Чу-*

ра А.С. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 160-162. Рус.

22.02-01.332 Особенности относительного движения космической тросовой системы с неидеальным солнечным парусом. Родников А.В. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 162-164. Рус.

22.02-01.333 Замкнутые траектории межпланетных перелётов с солнечным парусом. Рожков М.А., Старикова О.Л. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 164-166. Рус.

22.02-01.334 Исследование возможных областей накопления космических масс в Солнечной системе. Сальникова Т.В., Самохин А.С. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 166-167. Рус.

22.02-01.335 Адиабатическое приближение узлода при изучении резонансов средних движений небесных тел. Сидоренко В.В. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 167-169. Рус.

22.02-01.336 О сближениях и соударениях астероидов с Лунной и планетами. Соколов Л.Л., Балаяев И.А., Кутеева Г.А., Петров Н.А., Эскин Б.В. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 169-171. Рус.

22.02-01.337 Анализ периодических ко-орбитальных движений в задаче трёх тел. Степанов С.Я., Сальникова Т.В. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 171-172. Рус.

22.02-01.338 Влияние наводимого на поверхности солнечного паруса электрического заряда на его прочностные характеристики. Тихонов А.А., Яковлев А.В. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 172-174. Рус.

22.02-01.339 Прямолинейные траектории в общей задаче трёх тел. Титов В.В. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 174-176. Рус.

22.02-01.340 Об устойчивых облачных скоплениях микрочастиц в точках либрации двойной звезды. Турешбаев А.Т., Тхай В.Н., Мырзаев Р.С. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 176-177. Рус.

22.02-01.341 Оптимальные соединительные траектории в круговой задаче трёх тел. Шиманчук Д.В., Шмыров А.С., Шмыров В.А. IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09–12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021, с. 178-179. Рус.

22.02-01.342 Влияние формы неосесимметричного темного гало на морфологию внешнего спирального узора галактик. Бутенко М.А., Великова И.В., Хохлова С.С., Кузьмин Н.М., Иванченко Г.С., Тен А.В. Математическая физика и компьютерное моделирование. 2021. 24, № 3, с. 73-85. Рус.

Представлены результаты численного моделирования газового галактического диска, вращающегося во внешнем неосесим-

метричном потенциале темного гало. Рассмотрены различные распределения вещества в темном гало, которые в модели определяются функциональной зависимостью параметра неосесимметрии от радиуса галактики. Проведено исследование влияния формы неосесимметричного гало на морфологию формирующейся спиральной структуры далеко за пределами оптического радиуса диска.

22.02-01.343 Двухэтапный метод формирования вращающейся электродинамической космической тросовой системы. Заболотнов Ю.М., Воеводин П.С., Лу Хонши. Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2022, № 3, с. 16-31. Рус.

Рассматривается процесс развертывания и перевода во вращение с заданной угловой скоростью электродинамической космической тросовой системы на околоземной орбите. Тросовая система представляет собой линейную группировку трех микроспутников, связанных проводящими ток изолированными тросами. Процесс формирования тросовой системы разбивается на два этапа. На первом этапе ток в тросе отсутствует и используется релейный для сил натяжения закон развертывания системы на заданную длину троса. На втором этапе с помощью управления током система переводится в заданное конечное состояние вращения с постоянной угловой скоростью. Для описания движения центров масс микроспутников используются уравнения Лагранжа. При условии медленного изменения сил натяжения получена аналитическая оценка для характеристик углового движения микроспутников относительно направления тросов. Эффективность рассматриваемого подхода к формированию вращающейся космической тросовой системы и точность аналитических решений подтверждается численными примерами.

22.02-01.344 Наблюдения искусственных космических объектов в Крымской астрофизической обсерватории на зеркальном телескопе им. акад. Г.А. Шайна. Румянцев В.В., Бирюков В.В. Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2021. 117, № 1, с. 5-14. Рус.

Приводится обзор исследований искусственных объектов околоземного космического пространства, проводимых на ЗТШ с 2005 г. по настоящее время. Одна из целей исследования состояла в отработке методики наблюдений и каталогизации малоразмерных объектов (~10–25 см) с блеском 18–20^m, находящихся в геостационарной области. Несмотря на сильное ограничение наблюдательного времени, использование ЗТШ для решения данной задачи было достаточно эффективно. Показано, что в геостационарной области возможно успешно проводить обнаружение и каталогизацию малоразмерных объектов даже с телескопом с малым полем зрения (~8–12 угл. мин.). Для решения задач поиска слабых, сильно переменных, “динамичных” объектов был создан новый современный прибор — панорамный ПЗС-фотометр, размещаемый в прямом фокусе ЗТШ. С 2011 по 2021 гг. на ЗТШ проводились наблюдения далеких КА “Спектр-Р”, Gaia, “Спектр-РГ” и Mars-2020. Особое внимание уделено российской астрофизической обсерватории “Спектр-РГ”, находящейся на галоцентрической орбите вокруг точки Лагранжа L2 системы Солнце–Земля. Наблюдения за этим научным аппаратом продолжаются до сих пор. Точность получаемых астрометрических оценок такова, что медианные среднеквадратичные ошибки положения составляют 0.05'' и 0.075@' по RA и Decl соответственно. КА Mars-2020, находясь на траектории полета к Марсу, наблюдался на расстоянии вплоть до 6.5 млн км как объект 21.8^m. Задача наблюдений далеких КА остается актуальной для распознавания искусственных объектов среди многочисленных естественных, открываемых в ближнем околоземном пространстве.

22.02-01.345 Система управления спектрофотометром телескопа ВСТ-2 КРАО РАН. Семёнов Д.Г., Сунница Г.А., Куценко А.С. Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2021. 117, № 1, с. 15-21. Рус.

Описана модернизированная система управления спектрофотометром, предназначенным для построения карт Солнца в ближнем инфракрасном диапазоне (вблизи линии He I 10830 Å) на телескопе ВСТ-2. В работе приводится описание механических узлов, электронных блоков и программного обеспечения

системы. Все электронные и механические узлы системы изготовлены в Лаборатории физики Солнца КрАО РАН.

22.02-01.346 Всероссийская астрономическая конференция с международным участием "Магнетизм и активность Солнца и звезд — 2021" ("Крым-2021"), 31 августа — 3 сентября 2021 г. *Абраменко В.И. Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2021. 117, № 1, с. 22. Рус.

В последние десятилетия с ростом наблюдательных и вычислительных возможностей в астрофизике стало очевидным, что основной причиной, поддерживающей бесконечную цепь космических нестационарных явлений, являются магнитные поля. Магнитное поле есть у широкого круга звезд: от маломассивных М-звезд до сверхмассивных О-звезд, и оно играет определяющую роль на всех этапах эволюции звезды, начиная с коллапса межзвездных молекулярных облаков и заканчивая коллапсом сверхновых звезд. Наличие ядра и конвективной зоны у Солнца и звезд нижней части Главной последовательности и общность наблюдаемых проявлений активности позволяют предположить, что механизмы генерации и диссипации поля (динамо-процессы) должны иметь общие черты. В этом отношении Солнце представляет для нас близко расположенную лабораторию, где мы можем "препарировать" один случай, изучая детали процесса с уникальным временным и пространственным разрешением. С другой стороны, изучение звезд разного возраста позволяет получить представление об эволюции Солнца и его активности. В рамках конференции проведено широкое обсуждение вопросов солнечного и звездного магнетизма, физических основ вспышечных и циклических проявлений активности. Кроме фундаментальных задач, на конференции "Крым-2021" были представлены и обсуждены результаты прикладных научных исследований. Часть работ выполнена в международном сотрудничестве. Конференция в Крыму традиционно является стартовой площадкой для молодых ученых. В рамках "Крым-2021" научной молодежи была предоставлена возможность личного контакта с ведущими специалистами в области астрономии и астрофизики, научного приборостроения, что позволило инициировать новые научные проекты.

22.02-01.347 Спектры пульсаций хромосферного излучения солнечных вспышек. *Куряков Ю.А., Горшков А.Б., Кашапова Л.К. Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2021. 117, № 1, с. 23-28. Рус.

Представлены результаты анализа квазипериодических пульсаций (КПП) хромосферного излучения трех солнечных вспышек. Исследование основано на наблюдательных данных, которые были получены двумя наземными спектрографами: Multichannel Flare Spectrograph (MFS) и Horizontal-Sonnen-Forschungs-Anlage 2 (HSFA-2) обсерватории Ondrejov (Астрономический институт Чешской академии наук). Проведен анализ спектров мощности временных профилей, полученных как на основе спектрограмм, так и фильтрограмм. Проведено сравнение выявленных периодов с результатами анализа периодичности в рентгеновском и микроволновом диапазонах. Полученные значения для вспышек классов С и М лежат в диапазоне от 1 до 5 минут. Обнаружено совпадение периодов колебаний для разных приемников излучения и инструментов.

22.02-01.348 Электрические токи в униполярных областях с разной скоростью затухания магнитного потока в пятне. *Фурсяк Ю.А., Плотников А.А., Абраменко В.И. Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2021. 117, № 1, с. 29-37. Рус.

Используя магнитографические данные прибора Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) на борту космического аппарата Solar Dynamics Observatory (SDO), мы вычислили параметры магнитного поля и электрических токов для униполярных активных областей (АО) с низкой ($\leq 2.1 \cdot 10^{19}$ Мкс ч⁻¹, всего исследовано 11 АО) и высокой ($\geq 7.0 \cdot 10^{19}$ Мкс ч⁻¹, проанализировано 5 АО) скоростью затухания магнитного потока в пятне. Получены следующие результаты: 1) чем сильнее локальные (мелкомасштабные) электрические токи в окрестности униполярного пятна, тем быстрее оно затухает; 2) распределенный (глобальный, крупномасштабный) электрический ток вокруг быстро затухающих пятен практически нулевой, и от него не

приходится ожидать стабилизирующего воздействия на процесс распада пятна; 3) для четырех случаев медленно затухающих пятен выявлен ненулевой распределенный электрический ток величиной до $5.0 \cdot 10^{12}$ А. Такой ток может оказывать стабилизирующее действие на распад пятна. Таким образом, полученные нами результаты указывают на то, что электрические токи малых масштабов оказывают скорее деструктивное воздействие на пятно, а присутствие крупномасштабных токов может стабилизировать пятно. Однако данный механизм, по-видимому, не является единственным и доминирующим в процессах стабилизации пятен.

22.02-01.349 Предвестники солнечных вспышек в микроволновом диапазоне. *Абрамов-Максимов В.Е., Бакучина И.А. Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2021. 117, № 1, с. 38-43. Рус.

Представлено исследование пространственного распределения квазипериодических колебаний (КПК) микроволнового излучения в двух активных областях перед вспышками М-класса. Мы рассмотрели два случая: NOAA 11283 6 сентября и NOAA 11302 25 сентября 2011 г. Использовались ежедневные наблюдения на радиогелиографе Nobeyama (NoRH) на частоте 17 ГГц. В обоих случаях были обнаружены предвспышечные дуги. Длительность цугов составляет около 3—4 циклов колебаний. В обоих случаях источником обнаруженных колебаний являлась компактная зона в активной области, которая совпадает с областью максимальной яркости во время вспышки.

22.02-01.350 О температуре звездных пятен. *Алексеев И.Ю., Герциберг Р.Е. Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2021. 117, № 1, с. 44-47. Рус.

По многочисленным моделям зональной заляпнённости звезд с активностью солнечного типа получено аналитическое выражение для оценки температур звёздных пятен по температурам невозмущённых фотосфер.

22.02-01.351 Определение параметров слабоаккрецирующего полярного V379 Vir. *Суслизов М.В., Колбин А.И. Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2021. 117, № 1, с. 48-55. Рус.

Выполнена оценка параметров полярного слабоаккрецирующего V379 Vir. Используя данные наземных и космических обсерваторий, нами было получено спектральное распределение энергии в широком спектральном диапазоне, исправленное за межзвездное поглощение. Его моделирование позволило определить массу и эффективную температуру белого карлика: $M_1 = 0.628 \pm 0.009 M_{\odot}$, $T_{eff} = 11250 \pm 70$ К. На основе полуамплитуды лучевых скоростей облучаемой поверхности вторичного компонента сделана оценка его массы $M_2 \approx 0.027 M_{\odot}$, а также наклона орбитальной плоскости $i = 50 \pm 5^\circ$.

22.02-01.352 Поиск циклов активности у избранных Е-, С- и К-карликов по многолетним широкоугольным фотометрическим наблюдениям. *Шляпников А.А., Бондарь Н.И., Горбунов М.А. Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2021. 117, № 1, с. 56-61. Рус.

Рассмотрены возможности использования данных проекта наземных панорамных наблюдений KWS для поиска циклов активности у ярких F—K карликов. Приведены способы и результаты обработки наблюдательного материала, описано формирование интерактивной базы данных.

22.02-01.353 Итоги 20-летних наблюдений Солнца в линии He I 1083 нм в Крымской астрофизической обсерватории. *Андреева О.А., Малащук В.М. Известия Крымской астрофизической обсерватории.* 2021. 117, № 1, с. 62-68. Рус.

В 1999—2018 гг. в Крымской астрофизической обсерватории (КрАО) на Башенном солнечном телескопе БСТ-2 был получен обширный наблюдательный материал из изображений диска Солнца в линии He I λ 1083 нм. За это время процесс обработки изображений претерпел некоторые изменения. С середины 2018 до конца 2019 года наблюдения не проводились. В 2020 году на телескопе была выполнена модернизация как процесса наблюдений, так и обработки изображений. В настоящий момент все изображения, полученные в разные периоды

до модернизации, обрабатываются по единой методике, и из них формируется каталог. В работе представлена небольшая историческая справка о наблюдениях в линии He I λ 1083 нм в КраО, краткое описание и фрагменты каталога.

22.02-01.354 Перспективы сцинтилляционных детекторов на основе матриц из кремниевых ФЭУ. Янин А.Ф., Дзапарова И.М., Горбачева Е.А., Куреня А.Н., Петков В.Б., Шихин А.А. *Известия Крымской астрофизической обсерватории*. 2021. 117, № 1, с. 69-75. Рус.

Рассматривается прототип детектора на жидком сцинтилляторе, способы снятия информации с него, возможность применения конусов Винстона и линз Френеля. Проводилась оценка применения линз Френеля и черенковского излучения для детекторов килотонных размеров. В качестве системы сбора информации применялась 128-канальная система сбора данных MDU3-G164X2 фирмы AiT Instruments. В качестве приемных устройств использовались 2 матрицы ArrayJ-60035-64P-PCB (фирма SensL, Ирландия), состоящие из 64 индивидуальных кремниевых фотоэлектронных умножителей (КФЭУ) серии J. Предполагается, что использование фотоприемников на основе таких матриц в сцинтилляционных детекторах позволит получать образы (снимки) событий, анализ которых даст принципиальную возможность разделять различные классы событий в детекторах.

22.02-01.355 Калибровка прототипа сцинтилляционного детектора большого объема с фотоприемниками на основе матриц из кремниевых ФЭУ. Дзапарова И.М., Янин А.Ф., Горбачева Е.А., Куреня А.Н., Петков В.Б., Шихин А.А. *Известия Крымской астрофизической обсерватории*. 2021. 117, № 1, с. 76-81. Рус.

В последние годы в ИЯИ РАН ведутся работы по созданию в Баксанской нейтринной обсерватории (БНО) сцинтилляционного детектора большого объема. Детектор будет являться частью мировой сети нейтринных детекторов. Один из разрабатываемых в БНО прототипов такого детектора представляет собой акриловую сферу диаметром 500 мм, заполненную жидким сцинтиллятором. В качестве фотоприемников используются матрицы кремниевых фотоэлектронных умножителей (КФЭУ). Такие фотоприемники уже много лет используются в различных физических экспериментах. В нашем случае, в отличие от других экспериментов, матрицы КФЭУ применяются не только для измерения общего световыхода от взаимодействия частиц в сцинтилляторе, но и для получения изображений таких событий. Данный подход позволит отделять полезные (нейтринные) события от фоновых и в том числе проводить мониторинг взрывов Сверхновых в нашей Галактике. Характеристики оптического коллектора прототипа детектора определяются акриловой сферой и линзами Френеля диаметром 300 мм и фокусным расстоянием 120 мм. В качестве фотоприемников выбраны матрицы КФЭУ фирмы SensL (ARRAYJ-60035-64P-PCB). Проведены измерения просматриваемого матрицами объема с помощью закрепленного на рычаге светодиода. Описана система сбора данных MDU3-G164X2 (фирмы AiT Instruments). В каждом цикле измерений производится калибровка каналов. Приведен зарядовый спектр в детекторе — суммарный сигнал, измеренный 64 КФЭУ матрицы. Представлено изображение трека мюона. В настоящее время отрабатывается методика проведения измерений и анализа полученных данных, а также ведется подготовка к работе со следующим прототипом детектора, который представляет собой акриловую сферу диаметром 1 м.

22.02-01.356 О существовании решений в виде неэллиптических овалных орбит с апсидальной прецессией в ньютоновой задаче двух тел. Часть 1. Кужушкин А.В. *Прикладная физика и математика*. 2022, № 1, с. 10-30. Рус.

На базе обзора современных астрономических наблюдений за движением компонент в затменно-двойных звездах показана высокая практическая актуальность для обновления формулировки классической задачи двух тел с целью выявления новых решений для финитных орбит с апсидальной прецессией на основе классической механики. Обновление реализуется за счет описания движения пробной точечной массы как «сложного», когда вектор абсолютной скорости представляет собой

сумму векторов относительной и угловой переносной скорости, за счет чего возникает возможность описывать орбиты с апсидальной прецессией. Вводятся понятия равномерной орбитальной прецессии и неравномерной. В последнем случае возникает возможность описывать возмущение формы референтной эллиптической относительной орбиты. В реальности относительной орбитой может быть не кеплеров эллипс, как считается в астрономии, а некоторый гладкий овал, геометрическая форма которого определяется в результате решения ньютоновского уравнения движения. Показано, что такая задача может быть сформулирована и решена, если с самого начала перейти с вещественной орбитальной плоскости на эквивалентную ей комплексную. Ключевые слова: затменно-двойные звезды, двойные пульсары, экзопланеты типа «очень горячие Юпитеры», орбитальная функция, вращающаяся комплексная плоскость, равномерная орбитальная прецессия, неравномерная орбитальная прецессия.

22.02-01.357 Метод анализа ионосферных предвестников магнитных бурь. Данилов А.Д., Константинова А.В. *Гелиогеофизические исследования*. 2021, № 31, с. 3-10. Рус.

На основании большой серии публикаций авторов, посвященных возмущениям критической частоты слоя F 2 foF 2 в течение трех дней, предшествующих магнитной буре, описан метод выделения соответствующих магнитных бурь. Критериями для такого выделения являются интенсивность бури и спокойное состояние магнитного поля в течение анализируемых предбуревых дней. Описан метод анализа полученных возмущений (отклонений foF 2 от значений в спокойных геомагнитных условиях) и проанализированы зависимости этих возмущений от параметров предстоящей магнитной бури.

22.02-01.358 Об экстремальном характере интегрированной величины альbedo однократного рассеяния атмосферного аэрозоля. Асадов Х.Г., Абсазаде Ф.Г. *Гелиогеофизические исследования*. 2021, № 31, с. 11-16. Рус.

Решается обратная задача восстановления высотного профиля альbedo однократного рассеяния аэрозоля по данным наземных фотометрических измерений интегральной оптической толщины аэрозоля при условии минимизации интегрального по высоте альbedo однократного рассеяния атмосферного аэрозоля. Решение данной задачи может дать ответ на вопрос о потенциальных возможностях повышения переноса атмосферой солнечной оптической энергии на Землю. Анализ проведен на базе исходного положения о том, что (а) загрязнение атмосферы имеет гомогенный характер, (б) распределение коэффициента экстинкции по высоте подчиняется закону Гаусса, (в) интеграл коэффициента экстинкции атмосферного аэрозоля по высоте равен оптической плотности атмосферного аэрозоля, определяемого с земли с помощью солнечного фотометра. Выдвинуто предположение о том, что существует такой оптимальный вид зависимости коэффициента экстинкции от высоты при котором интегральная величина SSA (single scattering albedo альbedo однократного рассеяния), достигает минимума. Показано, что указанный минимум достигается в том случае, если высотный профиль коэффициента экстинкции $\sigma_{sp} z$ в масштабированном виде повторяет профиль, определяемый квадратным корнем из коэффициента рассеяния $\sigma_{sp} z$.

22.02-01.359 Особенности оптических явлений, связанные с работой твердотопливных ракет в верхней атмосфере. Платов Ю.В., Николайшвили С.Ш., Алпатов В.В., Беляев А.Н., Клошников В.Ю., Козлов С.И., Омельченко А.Н., Репин А.Ю. *Гелиогеофизические исследования*. 2021, № 31, с. 17-28. Рус.

Рассматриваются специфические оптические явления в верхних слоях атмосферы, связанные с запусками мощных твердотопливных ракет. Наблюдается сферическая симметрия газопылевых образований, имеющих форму расширяющегося "бульбика" в плоскости изображения, и образование области с интенсивным сине-зеленым (бирюзовым) свечением, наблюдаемое в сумеречных условиях в области полета ракеты. Развитие газопылевых облаков, возникающих при разделении ступеней твердотопливных ракет в верхних слоях атмосферы, можно описать моделью сильного взрыва в разреженной среде. При разделе-

нии ступеней ракеты в верхней атмосфере наблюдаются облака, имеющие спиральную структуру, что определяется вращением ракеты вокруг продольной оси и истечением продуктов горения через дренажные отверстия в корпусе ракеты. Бирюзовое свечение, наблюдаемое в зоне полета твердотопливных ракет, возникает в результате резонансного рассеяния солнечного излучения молекулами AlO , образующимися при взаимодействии металлического алюминия, входящего в состав топлива, с атмосферными компонентами и продуктами сгорания.

22.02-01.360 Модель вероятностной зависимости максимальных интенсивностей солнечных протонных событий и рентгеновских вспышек. *Очелков Ю.П.* Гелиогеофизические исследования. 2021, № 31, с. 29-40. Рус.

Проводится исследование вероятностной зависимости между величинами, распределенными по степенному закону. Наиболее полная информация о вероятностной зависимости может быть получена построением двумерного распределения исследуемых величин. Однако, в нашем случае это не возможно из-за ограниченного статистического материала. В данной работе показывается, что особенности двумерного распределения могут быть получены на основе изучения степенных одномерных распределений и их взаимосвязи. Метод реализован для следующих величин: интенсивность в максимуме протонных событий с энергиями протонов больше 30 МэВ, поток в максимуме рентгеновских вспышек в диапазоне длин волн 0.1–0.8 нм (по данным КА GOES). Корреляционный анализ в данном случае не применим из-за степенного распределения величин, и отсутствия возможности наблюдать большое число протонных событий с интенсивностью меньшей фоновой. Найдены закономерности вероятностной зависимости, которые следует использовать при прогнозе протонных событий по рентгеновскому излучению вспышек и при исследовании особенностей ускорения частиц в солнечных вспышках.

22.02-01.361 Макромасштабные движущиеся возмущения F₂ среднеширотной ионосферы, ассоциируемые с наземными вбросами энергии порядка 10^{16} Дж. *Калинин Ю.К., Репин А.Ю., Хотенко Е.Н., Щелкалин А.В.* Гелиогеофизические исследования. 2021, № 31, с. 41-51. Рус.

Исследуются объекты, возникающие в ионосфере при наземных вбросах энергии порядка 10^{16} Дж. Они проявляются в виде относительных вариаций критической частоты df_oF_2 с пиковой контрастностью более 20%, пространственным масштабом 2–3 тыс. км и «временем жизни» 20–100 часов. Объекты перемещаются с почти звуковой скоростью на расстояния до 105 км вдоль траекторий, тяготеющих к дугам большого круга, по большей части сохраняя свою амплитуду. При этом и антропогенные, и сейсмогенные возмущения, возникшие после момента главного удара, характеризуются отрицательными значениями. И только специфические сейсмогенные объекты, которые возникают до момента главного удара на отрезок времени упреждения, равный 10–15 часам, характеризуются положительным знаком. Приводятся конкретные примеры, относящиеся к различным энергетическим уровням источников возмущений. Отмечается возможность самого краткосрочного ионосферного прогноза с использованием текущих данных GPS времени и места главного удара сильных землетрясений.

22.02-01.362 Статистические инварианты погрешностей тридцатиминутного прогноза максимально применимых частот на трассах Кипр—Москва и Инскип—Москва. *Калинин Ю.К., Репин А.Ю., Хотенко Е.Н., Щелкалин А.В.* Гелиогеофизические исследования. 2021, № 31, с. 52-57. Рус.

Рассматриваются статистические инварианты погрешностей тридцатиминутного прогноза МПЧ на трассах Кипр—Москва и Инскип—Москва. Сформированы по два суточных массива погрешностей при различных уровнях солнечной активности. Используются различные схемы прогноза: инерционный, линейный и т.д. Получено, что во всех случаях среднеквадратичная относительная погрешность прогноза составляет 7%, а минимальные значения асимметрии и эксцесса имеют место при линейном прогнозе. Рассмотрены схемы расчета погрешностей прогноза при переходе к меньшим временным интервалам про-

гнозирования.

22.02-01.363 Оценки положения северного магнитного полюса по измерениям с исследовательского судна "Профессор Молчанов" 26.10.2021—09.11.2021 Г. *Тертышников А.В.* Гелиогеофизические исследования. 2021, № 31, с. 58-61. Рус.

Выполнены измерения магнитных склонений с научно-исследовательского судна «Профессор Молчанов» 26.10.2021—09.11.2021 г. на отрезках маршрута от Двинской Губы до Новой Земли и обратно. По результатам измерений проведена верификация модели Международного геомагнитного аналитического поля (IGRF13) в Арктике по положению северного магнитного полюса. Оценки невязок измерений магнитных склонений свидетельствуют о хорошем соответствии модельного положения северного магнитного полюса Земли.

22.02-01.364 Основы перспективной методики комплексных исследований влияния авроральных характеристик полярной ионосферы на условия распространения трансполярных сигналов. Обзор зарубежных экспериментов и результаты некоторых моделей. *Кузьмин А.К., Мерзлый А.М., Никифоров О.В., Петрукович А.А., Садовский А.М., Позин А.А., Щукин Ю.А., Потанин Ю.Н.* Гелиогеофизические исследования. 2021, № 32, с. 3-60. Рус.

В контексте статьи рассматривается современное состояние исследований характеристик полярной ионосферы. Спектр разнообразия масштабов авроральных структур, которые могут встречаться на пути сигналов в ионосфере, иллюстрируется примерами авроральных изображений и характеристик плазмы, полученных с разных орбит КА, с поверхности Земли и зондирующих ракет. Рассматриваются конкретные примеры результатов орбитальных, ракетных и наземных измерений характеристик полярной ионосферы, сопровождающих генерацию неоднородностей электронной концентрации и сцинтилляции трансполярных сигналов, полученные конкретными авторами и группами различных лабораторий в полярных областях ионосферы в различных электродинамических условиях. Анализируются некоторые результаты современных моделей генерации неоднородностей в каспе и полярной шапке, как причин сцинтилляций распространяющихся сигналов. Вопрос: «почему генерация сцинтилляций сигналов GNSS возникает при «протыкании» ими одних авроральных структур и не возникает при «протыкании» других?» — остаётся. Ответ на него, наиболее вероятно, связан с условиями генерации и развития плазменных неустойчивостей, приводящих к образованию структур плазменных неоднородностей с масштабам от нескольких сантиметров до нескольких десятков километров разных масштабов в разных слоях ионосферы, разных секторах MLT полярной ионосферы, и разных условиях ММП. Как, с помощью каких средств диагностики и с помощью каких моделей, в каких конкретных наборах условий необходимо получать и анализировать информацию о состоянии локальных областей среды — это задача, решение которой позволит в будущем научиться предсказывать условия распространения трансполярных сигналов. Поэтому для перспективных исследований необходима методическая основа развития технологий постановки экспериментов, нацеленных как на глобальные, так и на локальные комплексные наблюдения авроральных структур, продольных и замыкающих токов, характеристик неоднородностей в плазме в разных слоях ионосферы, и их влияния на условия распространения волн на частотах, используемых орбитальными навигационными и другими системами. Авторы просят с пониманием отнестись, что в статье часто используются как русские, так и английские названия и терминология, т.к. их перевод на русский язык не всегда точен.

22.02-01.365 Коррекция локальных моделей ионосферы в период низкой солнечной активности. *Калашова Ю.В., Котонаева Н.Г., Михайлов В.В.* Гелиогеофизические исследования. 2021, № 32, с. 61-73. Рус.

Рассмотрены вопросы построения локальных моделей ионосферы по данным вертикального радиозондирования ионосферы в период экстремально низкой солнечной активности. Показано, что массив данных наблюдений за предыдущие деся-

тилетия нельзя распространить на конец 24 солнечного цикла из-за низких значений эффективных ионосферных и солнечных индексов. Предложено генерировать дополнительные значения ионосферных параметров для построения регрессии, используя модели, построенные по данным радиозатменных наблюдений.

22.02-01.366 Исследование свечения полос Лаймана—Бирджа—Хопфида в атмосферах Земли и Титана. *Кириллов А.С.* *Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 3-10. Рус.

Проведены расчеты объемных и интегральных интенсивностей свечения полос Лаймана—Бирджа—Хопфида (ЛВН) молекулярного азота 146.4, 138.4, 135.4 и 132.5 нм в верхней атмосфере Титана при высыпании электронов с энергиями 30—1000 эВ из магнитосферы Сатурна с учетом кинетических процессов для синглетных электронно-возбужденных состояний молекул N_2 . Расчеты показали, что отношения рассчитанных интегральных интенсивностей свечения полос Лаймана—Бирджа—Хопфида к интенсивности свечения полосы 337 нм второй положительной системы (2PG) для всего интервала рассмотренных энергий магнитосферных электронов принимают постоянные значения. Полученные результаты хорошо согласуются с расчетами, выполненными для авроральных электронов, выссыпавшихся в полярную ионосферу Земли.

22.02-01.367 Моделирование турбулентности с перемежаемостью в космической плазме. *Левашов Н.Н., Попов В.Ю., Малова Х.В., Зеленый Л.М.* *Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 11-16. Рус.

Для описания процессов ускорения и переноса заряженных частиц в турбулентной магнитосферной и солнечной плазме предложена двумерная модель турбулентного электромагнитного поля с контролируемым уровнем перемежаемости. В модели электромагнитное поле имеет две составляющие: турбулентное электромагнитное поле, полученное в виде суперпозиции плоских волн, и электромагнитное поле, создаваемое колеблющимися магнитоплазменными структурами — плазмоидами. В рамках модели исследована роль перемежаемости в процессах ускорения заряженных частиц. Показано, что чем больше параметр, характеризующий уровень перемежаемости, тем больших значений энергии способны достигнуть заряженные частицы. Обсуждается использование модели для описания наблюдений высокоэнергичных потоков частиц в магнитосфере Земли и в солнечном ветре.

22.02-01.368 Особенности возбуждения хоров посредством ВРА механизма в магнитосферных волноводах уплотнения и разрежения с рефракционным отражением. *Беспалов П.А., Савина О.Н., Жаравина П.Д.* *Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 17-25. Рус.

Рассмотрены особенности реализации пучкового механизма усиления импульсов (Beam-Pulse-Amplifier ВРА) свистовых волн в магнитосферных волноводах уплотнения и разрежения с рефракционным отражением. Вытянутые вдоль магнитного поля волноводы с шириной порядка 100—300 км часто имеют место после магнитных возмущений в утренней и дневной магнитосфере за плазмопаузой, где при тех же условиях происходит возбуждение хоровых излучений. Проанализированы дисперсионные характеристики свистовых излучений в плоскостом волноводе в условиях выполнения WKB приближения и рефракционного отражения от “стенок”. Для волноводов уплотнения (разрежения) показано, что у первых десяти мод на частотах ниже (выше) половины электронной гирочастоты могут быть выполнены условия возбуждения дискретных спектральных элементов с углами волновой нормали к магнитному полю менее 20° . Величина усиления шумовых импульсов с указанными углами волновой нормали всего на 20% меньше, чем в однородной плазме под оптимальным углом около 39° . Предложенная модель объясняет возможность возбуждения посредством ВРА механизма хоровых излучений со сравнительно небольшими углами волновой нормали. Установлено, что интенсивности волн и типичные углы волновой нормали могут существенно отличаться в нижней и верхней полосах возбуждения хоров.

22.02-01.369 Физические калибровки нейтронного телескопа френд, установленного на борту марсианского спутника ТГО. *Малахов А.В., Митрофанов И.Г.,*

Литвак М.Л., Санин А.В., Головин Д.В., Дьячкова М.В., Никифоров С.Ю., Аникин А.А., Лисов Д.И., Лукьянов Н.В., Мокроусов М.И., Швецов В.Н., Тимошенко Г.Н. *Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 26-42. Рус.

Представлены результаты наземной калибровки нейтронного телескопа ФРЕНД на борту космического аппарата ТГО российско-европейского проекта ЭкзоМарс. Основная задача космического эксперимента ФРЕНД — измерение содержания водорода в приповерхностном слое Марса на глубину до 1 м. На основе данных измерений строятся карты массовой доли воды в грунте с высоким пространственным разрешением. В ходе наземных физических калибровок были получены оценки эффективных площадей и измерены функции угловой чувствительности для каждого из пяти детекторов прибора ФРЕНД. Показано, что измерительные характеристики прибора ФРЕНД соответствуют заявленным научным задачам и позволяют обнаруживать и исследовать локальные области с повышенным содержанием воды/водяного льда на поверхности Марса с высоким пространственным разрешением 60—200 км.

22.02-01.370 Оценка низкочастотных микроускорений на борту искусственного спутника Земли в режиме солнечной ориентации. *Игнатов А.И.* *Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 43-56. Рус.

Исследованы низкочастотные микроускорения на борту искусственного спутника Земли, предназначенного для микрогравитационных исследований на низкой, почти круговой орбите. Спутник имеет форму цилиндра с двумя панелями солнечных батарей, расположенными в одной плоскости симметрично относительно продольной оси цилиндра. Относительно своего центра масс спутник движется в режиме солнечной ориентации: нормаль к плоскости солнечных батарей направлена на Солнце, угловая скорость вокруг этой нормали мала, продольная ось совершает малые колебания относительно плоскости орбиты. Режим реализуется с помощью системы четырех управляющих двигателей-маховиков. Предложен вариант этого режима с ограничением накопления суммарного кинетического момента системы двигателей-маховиков за счет управления углом поворота спутника вокруг нормали к плоскости солнечных батарей. Рассмотрено движение спутника относительно центра масс в режиме комбинации гравитационной и солнечной ориентации.

22.02-01.371 Нейроадаптивное поддержание формации спутников на низких околоземных орбитах. *Широбокос М.Г., Трофимов С.П.* *Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 57-72. Рус.

Работа посвящена разработке и исследованию нейроадаптивного управления формацией из двух спутников на низкой околоземной орбите. Цель управления — поддержание проективной круговой орбиты, при этом считается, что один из аппаратов неуправляемый и его баллистический коэффициент не известен, а другой аппарат — управляемый, при этом есть возможность управлять как его ориентацией (а значит, величиной миделева сечения), так и орбитальным движением с помощью двигателя большой тяги. Искусственные нейронные сети используются для аппроксимации построенных функций управления, а адаптивность системы управления выражается в адаптации управления к неизвестному баллистическому коэффициенту неуправляемого аппарата. В работе детально описывается реализация, архитектура и процесс обучения нейронных сетей, а также способ оценки их качества. Дается описание процедуры адаптации к неизвестному параметру неуправляемого аппарата в режиме реального времени. Показано, что адаптация возможна в течение приемлемого времени. Также приводятся результаты адаптации к двум параметрам модели — баллистическому коэффициенту неуправляемого аппарата и плотности атмосферы. Моделирование производится в рамках возмущенной задачи двух тел с учетом силы атмосферного сопротивления и влияния от второй зональной гармоники геопотенциала.

22.02-01.372 Расчет направления тормозного импульса для приведения возвращаемой ступени в заданный район. *Давыдов А.А.* *Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 73-79. Рус.

Рассматривается задача расчета направления тормозного импульса для приведения многоразовой возвращаемой первой ступени ракеты-носителя в заданный район приземления. Предложена математическая модель и способ решения задачи, учитывающие ряд особенностей движения возвращаемой ступени в атмосфере Земли, а также специфику задания некоторых проектных параметров. Приведены примеры численных расчетов.

22.02-01.373 Наведение научной аппаратуры международной космической станции на исследуемые объекты. *Беляев М.Ю., Боровишин П.А., Ветошкин А.М., Караваяев Д.Ю., Рассказов И.В. Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 80-89. Рус.

Представлена технология наведения научной аппаратуры на исследуемые объекты с помощью подвижной платформы, доставленной на борт Российского сегмента МКС. Обсуждается задача оптимизации наведения научной аппаратуры с применением нескольких платформ наведения, которые будут доставлены на МКС, предлагаются пути ее решения на основе аналогии с задачей нескольких коммивояжеров.

22.02-01.374 Поправка. *Космические исследования.* 2022. 60, № 1, с. 90. Рус.

DOI: 10.31857/S0023420622010113.

22.02-01.375 Вариации содержания гелия в межпланетных выбросах корональной массы (ICME). *Хожлачев А.А., Ермолаев Ю.И., Лодкина И.Г., Рязанцева М.О., Рахманова Л.С. Космические исследования.* 2022. 60, № 2, с. 93-98. Рус.

На основе данных базы OMNI2 за период с 1976 по 2019 г. исследуется поведение относительного содержания ионов гелия N_{α}/N_p внутри ICME. Показано, что ранее обнаруженная антикорреляция между N_{α}/N_p и β -параметром внутри ICME в основном связана с зависимостью от магнитного давления (или величины межпланетного магнитного поля), при этом зависимость N_{α}/N_p от величины теплового давления является слабо падающей в MC и растущей в EJESTA. Полученные данные согласуются с ранее высказанной гипотезой о протекании обогащенного ионами гелия электрического тока внутри ICME.

22.02-01.376 Планетарное распределение мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения по данным эксперимента ДЭПРОН на ИСЗ Ломоносов. *Золотарев И.А., Бенгин В.В., Юшков В.Ю., Нечаев О.Ю., Петров В.Л., Яшин И.В. Космические исследования.* 2022. 60, № 2, с. 99-104. Рус.

На ИСЗ Ломоносов в 2016–2017 гг. были проведены дозиметрические исследования радиационной обстановки на круговой орбите высотой около 500 км и наклоном 98°. Исследования проводились с помощью прибора ДЭПРОН, в котором использовались два полупроводниковых детектора, расположенных за защитой 0.54 и 0.81 г/см² алюминия. Получено планетарное распределение мощности поглощенной дозы ионизирующего излучения на высоте полета ИСЗ Ломоносов, которое было разделено на 4 характерных области: зона низких и средних широт, зона Южно-Атлантической аномалии, зона внешнего радиационного пояса Земли и высокоширотная зона полярных шапок. Определены среднесуточные значения мощностей дозы, регистрируемых в течение суток в каждой из этих областей. Наиболее сильные вариации (до порядка величины) испытывает суточная доза во внешнем поясе. Подтверждена связь вариаций мощности дозы во внешнем поясе с уровнем геомагнитной возмущенности.

22.02-01.377 Прогноз экстремальных событий космической погоды по флуктуациям космических лучей. *Козлов В.И. Космические исследования.* 2022. 60, № 2, с. 105-115. Рус.

В экстремальных событиях Космической погоды образуются и наибольшие по величине потоки «штормовых» частиц, предвещающих приход ударной волны на орбиту Земли. Именно они представляют наибольшую опасность для систем жизнеобеспечения в верхней атмосфере, в Космосе и на Земле. Проведена проверка результатов прогноза «штормовых» частиц ускоренных ударными волнами по вариациям космических лучей высоких

энергий данными измерений на космическом аппарате ACE, США. Оценка достоверности прогноза $P \geq 80\%$.

22.02-01.378 Баланс транзитного облучения окружающего Землю пространства. *Федоров В.М., Костин А.А., Фролов Д.М. Космические исследования.* 2022. 60, № 2, с. 116-124. Рус.

Рассматривается облучение поверхностей высотных уровней от верхней тропосферы до нижней мезосферы. Выполнены ранее не проводившиеся расчеты характеристик транзитного облучения широтных зон поверхностей в тропических годах и их частях с 3000 г. до н.э. по 2999 год н.э. Энергетические характеристики (Дж) вычислены во всех годах, удельные энергетические характеристики (Дж/м²) — средние многолетние и в отдельных годах. Для каждой пары (широтная зона, часть тропического года) вычислены удельная входящая (через эту зону в тело, ограниченное поверхностью) транзитная энергия, удельная выходящая (из тела, ограниченного поверхностью) транзитная энергия и их разность (баланс). Для целой поверхности баланс за любой промежуток времени равен нулю (при отсутствии атмосферы), для полуповерхности и 5-градусной широтной зоны при наличии транзитного облучения баланс отличен от нуля. На поверхностях всех высотных уровней наиболее значительный разброс между балансами для 5-градусных зон отмечается среди полугодовых балансов в полярных районах. Для 5-градусных зон каждой полуповерхности от экватора к полюсу в летнем полугодии полугодовой баланс до 65-й параллели отрицателен, затем положителен, в зимнем полугодии наоборот. Полугодовой баланс для полуповерхности в летнем полугодии положителен, в зимнем отрицателен на всех высотных уровнях. В рассматриваемом диапазоне лет модуль полугодового баланса для полуповерхности уменьшается как по летним, так и по зимним полугодиям.

22.02-01.379 Оптические эффекты полета ракеты-носителя «Протон-М» со спутником Ямал-601 в дальней от места старта зоне. *Мизалев А.В., Белецкий А.Б., Лебедев В.П., Сыренова Т.Е., Хашинов В.В. Космические исследования.* 2022. 60, № 2, с. 125-133. Рус.

Рассматриваются возмущения в собственном излучении верхней атмосферы Земли во время запуска спутника Ямал-601 30.V.2019 на основе данных оптического комплекса ИСЗФ СО РАН. Измерения проводились в Геофизической обсерватории (ГФО) ИСЗФ СО РАН (~52° N, ~103° E) с помощью комплекса оптических инструментов, включающего в себя камеру всего неба, спектрограф и интерферометр Фабри—Перо. По данным камеры КЕО Sentinel регистрировалась протяженная область свечения вдоль траектории пролета, которая сформировалась через ~2–4 мин после пролета космического аппарата над ГФО и сохранялась в течение ~20 мин. Пространственные масштабы поперек траектории пролета КА оцениваются ~95–110 км в предположении высоты высвечивания ~150 км (~190–220 км для высоты высвечивания ~300 км). В работе обсуждаются возможные механизмы образования наблюдаемой области свечения, в том числе связанные с физико-химическим взаимодействием продуктов топлива с атмосферными составляющими и влияния распространения ударной волны или короткопериодических внутренних гравитационных волн. Рассмотрены возможные причины наблюдаемой задержки появления свечения после пролета КА.

22.02-01.380 Периодическая аппроксимация вращательного движения спутника Фотон-12. *Буланов Д.М., Сазонов В.В. Космические исследования.* 2022. 60, № 2, с. 134-150. Рус.

Описаны результаты повторной обработки магнитных измерений, выполненных на спутнике Фотон-12 (находился на орбите 9.IX–24.IX.1999). Обработка проводилась для реконструкции неуправляемого вращательного движения этого спутника. При повторной обработке использовалась упрощенная математическая модель вращательного движения. Фактическая орбита спутника (высота апогея 380 км, высота перигея 220 км) заменена круговой орбитой, упрощено выражение для действующего на спутник аэродинамического момента. Лежащая в основе новой модели система дифференциальных уравнений автономна и оказалась достаточно точной для реконструкции

движения спутника по магнитным измерениям в случае, когда угловая скорость спутника была не очень мала и постепенно возрастала. В последней трети полета, когда движение спутника практически установилось и имело достаточно большую угловую скорость, эту систему можно свести к обобщенно-консервативной системе. Такое сведение делает более определенным набор ее решений, подходящих для приближенного описания реального движения спутника. На некоторых отрезках движения, объединение которых охватывает примерно 3 сут, для этой цели удалось использовать периодические решения, продолженные из периодических решений Ляпунова.

22.02-01.381 Генерация искусственных гало-орбит в окололунном пространстве с использованием двигателей малой тягой. *Ду Чунжэюй, Старинаова О.Л. Космические исследования.* 2022. 60, № 2, с. 151-166. Рус.

Описывается возможности создания искусственных гало-орбит в круговой ограниченной задаче трех тел системы Земля—Луна за счет малого длительно действующего на КА ускорения от двигателей малой тяги в ситуациях, когда естественная гало-орбита не может соответствовать требованиям миссии или занята. В статье с помощью методов коллокации и продолжения по параметру получены два класса искусственных гало-орбит в системе Земля—Луна. Первый класс генерируется за счет постоянного по величине и направлению дополнительного ускорения. Получено полное семейство орбит этого класса, существенно отличающихся от традиционных по периоду и форме. Второй класс орбит генерируется за счет регулируемых электроракетных двигателей. Этот класс орбит получен как решение задачи об оптимальном по расходу рабочего тела формировании орбиты с заданным периодом с использованием принципа максимума Понтрягина и метод продолжения по параметру. Показано, что существуют значительные различия в орбитальных периодах между искусственными гало-орбитами — потомками одной и той же гало-орбиты. Результаты расчетов подтверждают возможность использования двигателей малой тяги для изменения параметров естественных гало-орбит, пригодных для баллистического проектирования будущих лунных миссий.

22.02-01.382 Типичные случаи особых точек при оптимизации перелетов с малой тягой. *Кувшинова Е.Ю., Музыченко Е.И., Синицын А.А. Космические исследования.* 2022. 60, № 2, с. 167-178. Рус.

Рассмотрены типичные примеры появления особых точек вблизи оптимальных траекторий различных межорбитальных перелетов с малой тягой. Возникновение особых точек сопровождается, как правило, появлением вычислительных трудностей в решении краевых задач.

22.02-01.383 Колонка главного редактора. *Зелёный Л.М. Земля и Вселенная.* 2021, № 1, с. 3-4. Рус.

22.02-01.384 Черные дыры, сингулярности и центр Галактики. *Постнов К.А., Черпацук А.М. Земля и Вселенная.* 2021, № 1, с. 5-22. Рус.

Второй год подряд самая престижная научная Нобелевская премия по физике присуждается за теоретические исследования в области гравитации и космологии и высококлассные астрономические наблюдения. В 2019 г. — Дж. Пиблзу за теоретические исследования в области физической космологии и астрономам М. Майору и Д. Кело за открытие экзопланеты вокруг звезды солнечного типа. В 2020 г. половина Нобелевской премии по физике присуждена математику Роджеру Пенроузу «за открытие, что образование черных дыр является надежным предсказанием общей теории относительности». Вторая половина — астрономам Андреа Гез и Райнхарду Генцелю — «за открытие компактного сверхмассивного объекта в центре нашей Галактики».

22.02-01.385 Быстрые и очень энергичные, транзиентные энергичные явления в атмосфере и в ближнем космосе. *Панасюк М.И. Земля и Вселенная.* 2021, № 1, с. 23-45. Рус.

Транзиентными, то есть быстропроходящими, энергичными явлениями в контексте данной статьи называются земные гамма-всплески (Terrestrial Gamma Flashes — TGF), некото-

рые типы так называемых «транзиентных световых явлений» (Transient Luminous Events — TLE), «быстрые грозовые земные возрастания» (Fast Thunderstorm Ground Enhancements — FTGE). Они появляются как в нижних слоях атмосферы, так и верхней ее области, вплоть до мезосферных (около десятков км) высот в виде кратковременных потоков электронов, позитронов, гамма-квантов и нейтронов, а также всплесков оптического излучения от ультрафиолетового до инфракрасного. Одна из вероятных моделей их объяснения использует как ключевой элемент генерацию лавин субрелятивистских и релятивистских электронов, природа которой может быть связана с быстрыми изменениями атмосферных электрических полей во время проявлений грозовых эффектов (это так называемая модель «снизу-вверх»). Но можно предположить, что электроны меньших энергий могут высыпаться из радиационных поясов Земли в атмосферу (эта модель, соответственно, называется «сверху-вниз»). Именно лавины электронов, проникающие в атмосферу снизу, вкуче с пучками электронов сверху, могут быть ответственны за весь комплекс явлений со значительным выделением энергии и в нижней, и в верхней атмосфере. Не исключено, что все рассматриваемые транзиентные энергичные явления развиваются на примерно одинаковой временной шкале. Предполагается, что аналогичным механизмом можно объяснить и появление потоков транзиентных лавин гамма-квантов в области под грозовыми облаками (феномен FTGE). Ниже излагаем экспериментальные аргументы, подтверждающие предложенные модели, и обсуждаем ряд нерешенных проблем и направления дальнейших целевых экспериментальных исследований в этой области физики экстремальной атмосферы.

22.02-01.386 Феноменология атмосферного электричества. *Сысоев А.А., Иудин Д.И. Земля и Вселенная.* 2021, № 1, с. 46-58. Рус.

Представлены основы современных представлений о физике атмосферного электричества в целом и многообразии форм молниевых разрядов в частности. Освещаются основные проблемы, методы исследований и прикладная значимость данной области науки. Кратко обсуждаются возможные причины, отвечающие за многообразие типов атмосферных разрядов.

22.02-01.387 Подарок от "Лунной принцессы". *Лисов И.А. Земля и Вселенная.* 2021, № 1, с. 59-73. Рус.

В ночь с 16 на 17 ноября 2020 г. в холодной гобийской степи совершил посадку возвращаемый аппарат китайского комплекса «Чанъэ-5» с герметичной капсулой, в которой было 1.73 кг лунного грунта. Такая «посылка» пришла адресатам на Земле в первый раз после 44-летнего перерыва.

22.02-01.388 Колонка главного редактора. *Зелёный Л.М. Земля и Вселенная.* 2021, № 2, с. 3-4. Рус.

22.02-01.389 Звездные скопления: в космическое будущее с Gaia. *Сизова М.Д., Верещагин С.В., Тутуков А.В. Земля и Вселенная.* 2021, № 2, с. 5-18. Рус.

Результаты последних лет резко ускорили понимание эволюции звездных скоплений. Множество ученых, как никогда ранее, принялись изучать звездные скопления и результат их эволюции — звездные потоки. Стимул этому дали результаты космического проекта Gaia, показав беспрецедентную точность измерений звездных параметров. Буквально «прямо сейчас» в научном обиходе появилась третья редакция данных Gaia. Это гарантия того, что в ближайшем будущем копилка знаний о звездных скоплениях пополнится.

22.02-01.390 Успехи и перспективы лабораторной астрохимии. *Вибе Д.З., Столяров А.В. Земля и Вселенная.* 2021, № 2, с. 19-29. Рус.

За последние несколько десятков лет в наблюдательной астрономии накоплено множество неоспоримых свидетельств того, что в межзвездной и околозвездной среде работает мощный химический реактор по выработке молекулярного вещества — сложного, даже по «земным» меркам, элементного состава и строения. Более того, неожиданное многообразие и уникальность регистрируемых в космосе молекул явно противоречат нашим «земным» представлениям о возможных путях и механизмах протекания реакций неорганического и органического синтеза в «суровых» космических условиях. Установление де-

тальной кинетической схемы образования и причин выживания сложных молекулярных соединений, обнаруженных на разных стадиях эволюции космических объектов, оказалось нетривиальной задачей для «земной» химии. Решение этой головоломки привлекло внимание профессиональных химиков, специализирующихся в области молекулярной спектроскопии, квантовой механики и строения молекул, химии высоких энергий и низких температур, химии твердого тела, а также кинетики и гетерогенного катализа.

22.02-01.391 Феноменология атмосферного электричества (окончание). Глоссарий. Сысоев А.А., Иудин Д.И. Земля и Вселенная. 2021, № 2, с. 30-58. Рус.

Продолжение статьи ЗиВ №1, 2021, стр. 46-58.

22.02-01.392 Японские страх и ужас: Martian Moons Exploration. Рыжков Е.А. Земля и Вселенная. 2021, № 2, с. 59-65. Рус.

В сентябре 2020 года Японское агентство аэрокосмических исследований JAXA порадовало мировую общественность, сообщив, что в настоящее время оно разрабатывает и готовит к запуску в 2024 финансовом году исследовательский комплекс для изучения марсианских лун — Фобоса и Деймоса.

22.02-01.393 Колонка главного редактора. Зелёный Л.М. Земля и Вселенная. 2021, № 3, с. 3-5. Рус.

22.02-01.394 Есть ли жизнь на... Венере? Коцорбенко О.Р. Земля и Вселенная. 2021, № 3, с. 6-20. Рус.

Среди космических объектов Солнечной системы, на которых предполагается существование каких-либо форм жизни, Венера долгое время не представляла особого интереса. Экстремально высокие температура и давление на поверхности, атмосфера, состоящая из мелкодисперсных капель серной кислоты — все это, казалось бы, делало планету абсолютно не пригодной для существования живых организмов земного типа. Однако новые данные астрофизических исследований и основанные на них теоретические разработки привели к резкому повышению значимости Венеры для астробиологов. Основной интерес для исследователей, занимающихся поиском внеземной жизни, связан с облачным слоем Венеры толщиной в 20–25 км, в котором, несмотря на довольно жесткие условия, должен выживать ряд земных микроорганизмов, относящихся к экстремофилам. В российской космической программе по исследованию Венеры, целью которой является запуск к этой планете космических аппаратов в 2028–2030 гг., планируются астробиологические эксперименты. В них предполагается обнаружить различные биомаркеры в облачном слое, чтобы попытаться ответить на вопрос: есть ли жизнь на Венере?

22.02-01.395 Достижения современной астрометрии. Цветков А.С. Земля и Вселенная. 2021, № 3, с. 21-38. Рус.

Астрометрия — самая древняя часть астрономии — основа астрономических наблюдений и измерений координат и времени. Главной задачей астрометрии является реализация системы отсчета — той самой инерциальной системы отсчета, о которой говорится в первом законе Ньютона. Лучшей на сегодняшний день реализацией системы отсчета на практике являются звездные каталоги, которые астрономы создавали для этой цели еще со времен античности. Работа над уточнением данных в каталогах привела к открытию прецессии и нутации земной оси, собственных движений и параллакс звезд, орбитального движения двойных звезд. Наблюдения в радио- и оптическом диапазоне очень далеких объектов — квазаров — привели к созданию самой точной современной системы отсчета International Celestial Reference Frame (ICRF). Именно к ним привязывается система GPS или ГЛОНАСС в навигаторах. XXI век с его вычислительными возможностями привел к созданию звездных каталогов невиданной мощности, содержащих свыше миллиарда объектов. Но основной прорыв, даже революцию, в астрометрии совершили космические наблюдения. Уже два космических аппарата создали звездные каталоги, точность которых фантастична и позволяет прикоснуться к решению таких задач, сама постановка которых была ранее немыслима. Обзору успехов астрометрии за последние два тысячелетия, массовым звездным каталогам и космическим астрометрическим проектам посвящена эта статья.

22.02-01.396 Солнечная и звездная активность в ожидании сюрпризов. Кацова М.М., Соколов Д.Д. Земля и Вселенная. 2021, № 3, с. 39-51. Рус.

Солнце — огромный магнит. Его магнитное поле меняет свою полярность на противоположную приблизительно раз в одиннадцать лет в ходе знаменитого одиннадцатилетнего цикла солнечной активности. Конечно, подобные циклы звездной магнитной активности есть и на ряде других звезд. Исследуя магнитную активность звезд, астрономы лучше понимают активность Солнца, а также находят разнообразные отличия от солнечной активности.

22.02-01.397 Перспективы использования радиотелескопов на Земле, в космосе и на Луне. Ипатов А.В., Ведешин Л.А. Земля и Вселенная. 2021, № 3, с. 52-65. Рус.

В отличие от известной несколько веков назад оптической астрономии, исследования в области микроволновой радиоастрономии начались только в 1930-е годы, когда был создан первый в мире радиотелескоп, чтобы наблюдать природное излучение как объектов с очень высокой энергией, таких как активные ядра галактик или квазары, так и холодных, «темных объектов» — межзвездных молекулярных облаков и микроволнового фона Вселенной, который сегодня считается одним из главных подтверждений теории Большого взрыва. Исследования этих объектов проводятся на длинах волн от 1 мм до нескольких десятков и даже сотен метров. Особое развитие радиоастрономия получила в конце 1950-х годов в связи с началом космических исследований как для приема сигналов космических аппаратов, так и сигналов из дальнего космоса. Информация, поступающая с автоматических межпланетных станций, позволила сделать открытие нескольких классов космических объектов: пульсары, квазары и радиогалактики, и предоставила возможность ученым изучать самые далекие и мощные физические явления во Вселенной.

22.02-01.398 Колонка главного редактора. Зелёный Л.М., Зимовец И.В. Земля и Вселенная. 2021, № 4, с. 3-7. Рус.

22.02-01.399 Магнитное пересоединение и день взятия Бастилии. Леденцов Л.С., Сомов В.В. Земля и Вселенная. 2021, № 4, с. 8-23. Рус.

Солнечные вспышки в настоящее время стали эталоном для изучения вспышечных процессов электромагнитной природы в современной астрофизике, в частности, в рентгеновской и гамма-астрономии. В отличие от вспышек на других звездах и аналогичных явлений во Вселенной солнечные вспышки представляют возможность для всестороннего изучения процесса магнитного пересоединения в высокотемпературной сильно замагниченной плазме короны, а также в низкотемпературной слабоионизированной плазме фотосферы.

22.02-01.400 Солнце под микроскопом — природа вспышек. Микро- и нановспышки. Богачев С.А., Ульянов А.С., Кириченко А.С., Лобода И.П., Рева А.А. Земля и Вселенная. 2021, № 4, с. 24-34. Рус.

The Sun gives us light and heat, the basics of our life. On the other hand our star is a source of hard radiation and high-energy particles that propagate towards the planets and Earth, in particular, the fluxes of the radiation and particles are strongly amplified during solar flares. In this paper the authors discuss the nature of the flares, latest advances in the study of their nature, and perspectives in this field of science.

22.02-01.401 Как машинное обучение помогает изучать Солнце. Илларионов Е.А., Садыков В.М. Земля и Вселенная. 2021, № 4, с. 35-45. Рус.

Ключевые на сегодня открытия в физике Солнца, например, обнаружение 11-летнего закона цикличности, открытие магнитного цикла, первое наблюдение солнечной короны и ее необычных свойств, были сделаны задолго до появления современных компьютеров. Это был результат гениальной изобретательности в конструировании новых наблюдательных приборов и многолетнего упорства в ведении каталогов наблюдений. Современной науке пока с трудом удается выстраивать теории, описывающие наблюдаемую картину, а многие вопросы продолжают оставаться загадками. Едва ли стоит рассчитывать, что

компьютеры смогут за нас вывести законы эволюции солнечной активности, но кое в чем они действительно могут помочь. Прежде всего мы рассчитываем на их способность к неустанному перебору бесчисленных вариантов и выявлению сложных взаимосвязей среди разнородных многомерных массивов данных. Разумеется, здесь необходимы специальные алгоритмы. Часть таких алгоритмов, объединенных термином «машинное обучение», развивается особенно активно и находит все больше применений в современной практике. В нашей статье мы на нескольких примерах покажем, как машинное обучение помогает в решении задач исследования Солнца и в чем особенность этого подхода. Первый пример проиллюстрирует применение сверхточных нейронных сетей, второй покажет, как используется модель кластерного анализа в обработке солнечных данных. Также мы расскажем, как с помощью алгоритма бинарной классификации построить прогноз энергичных событий на Солнце.

22.02-01.402 Солнечная активность и социальные катаклизмы: текущий момент. *Родкин М.В.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 4, с. 46-48. Рус.

22.02-01.403 "Тяньгун" начинается. *Лисов И.А.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 4, с. 49-60. Рус.

29 апреля 2021 г. с китайского космодрома Вэньчан на ракете CZ-5В на орбиту был выведен первый модуль Китайской космической станции. У Международной космической станции появился «младший брат», имеющий все шансы надолго пережить свою «старшую сестру».

22.02-01.404 Новый астрономический центр ГАИШ МГУ: Кавказская горная обсерватория. *Шатский Н.И., Татарников А.М., Корнилов В.Г., Потанин С.А., Черепашук А.М., Белинский А.А., Постнов К.А.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 4, с. 61-81. Рус.

В декабре 2019 г. исполнилось 5 лет со дня официального открытия новой российской обсерватории — Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ. В статье рассказано об истории строительства и устройстве обсерватории, ее главном инструменте — 2,5-м телескопе и его навесном оборудовании, первых полученных результатах.

22.02-01.405 Стихи. *Синельников М.И.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 4, с. 108-109. Рус.

Михаил Исаакович Синельников — поэт и переводчик, исследователь литературы, автор многих авторских сборников и переводов. Одна из его недавних работ — переложение монументального эпоса «Нарты» в его тюркском (карачаевско-балкарском) варианте. Отрывок из этого произведения был опубликован в № 6, 2019 г. нашего журнала. По просьбе редакции Михаил Исаакович выбрал несколько недавних стихотворений, связанных с темами ЗиВ — космосом и месте человека в нем. Представляем их читателям.

22.02-01.406 Колонка редактора. *Соломина О.Н.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 5, с. 3-4. Рус.

22.02-01.407 Западный Прикаспий под пристальным наблюдением. *Медведев А.А., Алексеенко Н.А., Тельнова Н.О., Кудиков А.В., Курамагомедов Б.М.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 5, с. 21-37. Рус.

Значение дистанционного зондирования Земли из космоса для изучения природной среды переоценить невозможно: от исследования растительности и водных ресурсов до геологического и геоморфологического картографирования. Количество спутников, ведущих ежедневную съемку земной поверхности из космоса, уже давно перевалило за сотню, а архивы космических данных измеряются петабайтами. При увеличении числа спутниковых систем ДЗЗ значительно улучшается качество и особенно разрешающая способность съемочной аппаратуры, достигшая уже пространственного разрешения 0,3 метра. Сегодня не менее 10 космических платформ ведут съемку в субметровом разрешении. Но при всех современных технологических возможностях космической съемки существуют такие объекты и природные процессы, картографирование и мониторинг которых можно проводить только на основе данных сантиметрового разрешения при комбинации космических, воздушных и наземных методов дистанционного зондирования. Некоторые процессы и

явления до сих пор не нанесены даже на крупномасштабные карты, а скорости их протекания известны недостаточно точно или вовсе не определены.

22.02-01.408 Объемный рельеф на плоских изображениях: исследуем сели и лавины по космическим снимкам. *Зорина В.В.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 5, с. 38-47. Рус.

Опасные процессы высокогорных территорий, особенно сели и лавины, являются причиной мощных и катастрофических изменений в географических средах Земли. Такие явления неблагоприятно сказываются на жизни и деятельности людей, проживающих в высокогорных районах, или приезжих, посещающих горы для отдыха и спортивного интереса. Ежегодно тысячи туристов посещают горнолыжные курорты, ходят в походы, занимаются спортом и просто наслаждаются красотой и величественностью гор, зачастую забывая, насколько они могут быть опасны. В России такой привлекательностью обладает Центральный Кавказ, наиболее высокая часть Большого Кавказа, расположенная между вершинами Эльбрус и Казбек. Объектом нашего исследования был выбран бассейн ледника Безенги, с высотами около 5000 м и разнообразием рельефа, который может угодить не только любителям экстремальных походов и покорителям вершин, но и тем, кто предпочитает зимние виды спорта. Однако, включая новости по ТВ, часто можно услышать о сходах лавин, несчастных случаях или тяжелых положениях туристов в горах. Поэтому особой значимостью обладают исследования опасностей — ведь однажды это может спасти жизни людей.

22.02-01.409 Центр коллективного пользования "ИКИ-мониторинг": новые возможности использования технологий спутникового мониторинга Земли. *Лушняк Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 5, с. 48-62. Рус.

В последние десятилетия наблюдается стремительное развитие спутниковых систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). При этом и быстро увеличивается число спутников ДЗЗ, и происходит фактически взрывной рост объемов спутниковых данных. Наиболее значимый прогресс в области развития и применения систем ДЗЗ произошел в XXI веке. Именно в это время не только резко расширились возможности спутниковых наблюдений Земли, но появились и стали наиболее активно использоваться системы нового поколения, которые позволяют получать не только информацию для качественных оценок наблюдаемых явлений и объектов, но и хорошо калиброванные и пространственно-привязанные данные, которые могут быть использованы для количественных оценок и моделирования различных процессов, происходящих на Земле. Фактически, появление таких систем открыло новую эру спутникового дистанционного зондирования и позволило приступить к созданию принципиально новых, высокоавтоматизированных технологий работы с данными ДЗЗ. Эти технологии обеспечивают организацию эффективной работы со сверхбольшими массивами данных, получаемыми при проведении постоянных спутниковых наблюдений практически в любом регионе нашей планеты.

22.02-01.410 Колонка редактора. *Зеленый Л.М.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 6, с. 3. Рус.

22.02-01.411 Обсерватории и научные инструменты Института астрономии РАН. *Сачков М.Е., Нароенков С.А., Барбанов С.И., Николенко И.В.* *Земля и Вселенная.* 2021, № 6, с. 19-29. Рус.

Сотрудники Института астрономии РАН (ИНАСАН) ведут исследования по многочисленным направлениям современной астрономии: вычислительная астрофизика, спектроскопия высокого разрешения, физика межзвездной среды, астрофизика звездных и галактических систем, переменные звезды, космическое приборостроение для работ в ультрафиолетовой области электромагнитного спектра, работы по проблемам астероидно-кометной опасности. В последние годы в ИНАСАН выросло и стало важным направление исследований экзопланет, особенно их атмосфер. Развитие большинства из этих направлений неразрывно связано с развитием экспериментальной базы для получения новых астрономических данных. О существующих и планируемых к вводу в строй астрономических приборах на

наблюдательных площадках ИНАСАН: обсерваториях в Звенигороде, Симеизе, Кисловодске, на пике Терскол, о Российской-Кубинской обсерватории и пойдет речь в данной статье.

22.02-01.412 *Космические исследования в Институте астрономии РАН. Сачжов М.Е., Шустов Б.М., Сичевский С.Г. Земля и Вселенная. 2021, № 6, с. 30-38. Рус.*

Институт астрономии Российской академии наук (ИНАСАН) является одним из ведущих научных институтов России. Важным направлением исследований ИНАСАН, его «визитной карточкой» являются фундаментальные космические исследования. Институт занимается разработкой средств космического базирования для наблюдений астрономических объектов. В статье кратко рассказывается об этих проектах: крупной многоцелевой космической обсерватории «Спектр-УФ» для наблюдений в ультрафиолетовом диапазоне, а также поисковых космических средствах наблюдения астрономических объектов как в дальнем, так и в ближнем космосе.

22.02-01.413 *Звездные системы во Вселенной. Малков О.Ю., Ковалева Д.А., Поляченко Е.В., Хоперсков С.А. Земля и Вселенная. 2021, № 6, с. 39-48. Рус.*

Отдел физики звездных систем — одно из подразделений Института астрономии РАН. Отдел насчитывает 18 сотрудников и занимается следующими научными проблемами: исследование строения, кинематики и динамической эволюции галактик; изучение проблемы спиральной структуры галактик; развитие теории устойчивости гравитирующих систем; исследование гидродинамических неустойчивостей в астрофизике; изучение звездного состава и структуры звездных скоплений; изучение происхождения и эволюции населения рассеянных скоплений в Галактике; изучение кинематики и пространственной структуры звездных групп; развитие методов параметризации звезд; изучение межзвездного поглощения в Галактике; изучение двойных и кратных звездных систем; создание, поддержка и развитие астрономических каталогов и баз данных; создание Российской виртуальной обсерватории и ее интеграция в Международную виртуальную обсерваторию. В данной статье мы опишем современное состояние дел в области исследования различных звездных систем: от двойных звезд до гигантских звездных систем — галактик. В частности, мы обращаем внимание читателя на нерешенные вопросы и загадки в этой области современной астрономии.

22.02-01.414 *Оболочки горячих юпитеров — ключ к пониманию физики и эволюции экзопланет. Бисикало Д.В., Шематович В.И., Кайгородов П.В., Жилкин А.Г. Земля и Вселенная. 2021, № 6, с. 49-58. Рус.*

Идея о том, что у далеких звезд могут быть планеты, восходит как минимум к Джордано Бруно, однако реальные доказательства их существования были получены не так давно. До этого момента предполагалось, что планетные системы должны быть более или менее похожи на Солнечную, с несколькими газовыми гигантами на довольно высоких орбитах и сравнительно небольшими каменными планетами, расположенными ближе к звезде. Тем не менее одна из первых открытых экзопланет совершенно неожиданно оказалась массой около половины массы Юпитера и на очень низкой орбите, примерно в 7 раз ближе к звезде, чем Меркурий к Солнцу. Позднее было обнаружено множество похожих планет.

22.02-01.415 *Космические опасности: ближний космос. Шустов Б.М. Земля и Вселенная. 2021, № 6, с. 59-69. Рус.*

Тема космических опасностей — яркий пример вечной борьбы между знаниями и заблуждениями. В статье приведена очень краткая справка по современному состоянию проблемы — другими словами, тот минимум, который нелишне знать о космических опасностях. Тема чрезвычайно многопланова. Она стала одним из важных направлений современной науки. В Институте астрономии РАН (ИНАСАН) направление изучения космических угроз является традиционным. Специфика института проявляется в том, что основные исследования ведутся по проблематике космического мусора (КМ) и астероидно-кометной опасности (АКО). В этой статье вниманию читателей предлагается ознакомиться с некоторыми интересными результатами недавних исследований, проведенных в ИНАСАН.

22.02-01.416 *Межзвездная пыль — между светом и тьмой. Вибе Д.З., Курсанова М.С. Земля и Вселенная. 2021, № 6, с. 70-79. Рус.*

Космическая пыль — неотъемлемая составляющая межзвездной среды наряду с межзвездным газом и различными полями. Для понимания явлений, происходящих в космосе, астрономам необходимо знать свойства пылинок, так как на любой объект Вселенной мы смотрим через пылевую завесу. Ядра пылинок, которые состоят из соединений углерода и кремния, покрыты ледяными мантиями из замерзшей воды и других молекул. Наблюдательные методы наземной астрономии позволяют определить состав ледяных мантий и тугоплавких ядер силикатных пылинок. Однако добраться до состава ядер углеродных пылинок гораздо сложнее, поскольку их излучение можно наблюдать в ограниченном классе объектов. Такие наблюдения ведутся, в частности, в практически недоступном с Земли среднем и дальнем инфракрасном (ИК) диапазоне длин волн в фотодиссоциационных областях (ФДО). Последние представляют собой области в космосе, которые являются переходными между ионизованным и молекулярным газом. Таким образом, планирование каждой внеатмосферной ИК-обсерватории идет параллельно с интенсивными теоретическими исследованиями углеродной пыли. В Институте астрономии РАН (ИНАСАН) решаются задачи моделирования ФДО, проводятся исследования микрофизических процессов эволюции пыли в ФДО, а также ведутся наблюдения ФДО на российских и зарубежных телескопах.

22.02-01.417 *Археология Млечного Пути. Ситнова Т.М. Земля и Вселенная. 2021, № 6, с. 80-91. Рус.*

Еженедельно появляется около десятка новых статей по исследованию химического состава и параметров движения старейших звезд Млечного Пути и ближайших карликовых галактик, открываются новые звездные потоки. Такое количество новых работ вызвано появлением большого количества данных о координатах, скоростях, блеске и химическом составе звезд по наблюдениям с космического спутника Gaia и наземным спектральным обзором. В этой статье собраны наиболее наглядные результаты, которые помогают представить динамические и химические процессы, происходящие в нашей галактике, а также восстановить их хронологию. Как далеко в прошлое позволяют заглянуть современные астрономические наблюдения? Сколько «весит» самая массивная звезда? Что такое Фимбултуль? Из каких подсистем состоит наша Галактика? Как производятся различные химические элементы? Какой раньше была наша Галактика, и что ждет ее в будущем? Ответы на эти вопросы можно найти в статье.

22.02-01.418 *Полярные сияния в Солнечной системе. Шематович В.И., Бисикало Д.В. Земля и Вселенная. 2021, № 6, с. 92-105. Рус.*

Моделирование процессов проникновения плазмы солнечного ветра в верхние слои атмосфер планет Солнечной системы проводится нашей группой на протяжении последних 20 лет. Разработанные модели электронных и протонных полярных сияний использовались для исследования полярных сияний и интерпретации наблюдений в верхних слоях атмосферы Земли (проект NASA IMAGE), Венеры (проект ESA Venus Express) и Марса (проекты ESA Mars Express и NASA MAVEN). Эти же модели применялись для интерпретации наблюдений полярных сияний на планетах-гигантах Юпитере и Сатурне, полученных при помощи космического телескопа Хаббла. В настоящее время, используя доступные данные наблюдений и измерений космических аппаратов ESA Mars Express и NASA MAVEN, наши математические модели процессов высыпания частиц плазмы применяются для исследования различных типов недавно открытых — дискретных, диффузных и протонных — полярных сияний на Марсе. Кроме того, исследуется влияние процессов высыпания частиц на верхние и средние слои атмосферы Марса в рамках научной программы космического проекта Роскосмоса и ESA ЭкзоМарс.

22.02-01.419 *Колонка главного редактора. Зелёный Л.М. Земля и Вселенная. 2022, № 1, с. 3-4. Рус.*

22.02-01.420 *Плазменная симфония, или магнито-гидродинамические волны в короне Солнца. Накаря-*

ков В.М., Зимовец И.В., Анфиногентов С.А. *Земля и Вселенная*. 2022, № 1, с. 5-21. Рус.

Корона Солнца продолжает оставаться одной из наиболее загадочных областей Солнечной системы. Основным интерес к этой части атмосферы Солнца обусловлен двумя факторами. Во-первых, именно здесь происходят самые энергетически мощные явления в Солнечной системе, в том числе солнечные вспышки и выбросы массы. Во-вторых, солнечная корона — это естественная лаборатория для изучения многообразных процессов в плазменной среде. Прецизионные инструменты, с помощью которых регистрируют солнечное радиоизлучение и невидимое с поверхности Земли ультрафиолетовое и рентгеновское излучение, позволяют наблюдать в короне разнообразные волновые процессы. Эти процессы представляют собой стоячие или бегущие возмущения плазмы и магнитного поля, которое пронизывает корону. Длины наблюдаемых волн обычно превышают тысячу километров, а периоды их колебаний — одну секунду. Наблюдаемые волны относятся к нескольким разным типам, которые предсказывает теория магнитной гидродинамики (МГД). Совокупность этих волн можно представить как своеобразную «музыку», исполняемую солнечной короной. Прослушивание и анализ этой «музыки» позволяет получать крайне важную и зачастую уникальную информацию о физических свойствах плазмы солнечной короны и о протекающих в ней процессах.

22.02-01.421 Зачем Солнцу надо магнитное торнадо? *Хабарова О.В.* *Земля и Вселенная*. 2022, № 1, с. 22-35. Рус.

Магнитные торнадо — плазменные объекты, которые внешне очень похожи на торнадо в земной атмосфере, но наблюдаются на Солнце. Эти структуры были открыты почти сто лет назад, но стали предметом активных дискуссий в научной литературе лишь в последнее десятилетие. Растущие технические возможности наблюдений Солнца позволили разглядеть детали, необходимые для понимания природы магнитных торнадо. В статье обсуждается, откуда они берутся, как выглядят, как ведут себя и каким образом ученые исследуют свойства этих структур.

22.02-01.422 Солнечный ветер и токовые слои: классические представления и новые открытия. *Кислов Р.А.* *Земля и Вселенная*. 2022, № 1, с. 36-51. Рус.

Представления о токовых слоях и солнечном ветре развивались синхронно. Фундамент современных знаний о них заложили в 1950—1960-е гг. советские и американские ученые. За полвека развития наши знания о гелиосфере, токовых слоях и плазме углубились, но работы отцов-основателей столь удачно смогли передать основные черты наблюдаемых явлений, что и сейчас любое отклонение от старых моделей воспринимается научным сообществом как нетривиальное, несмотря на накопившиеся противоречия и новые результаты, о которых ниже пойдет речь.

22.02-01.423 Солнечная активность, космическая погода и землетрясения. *Тарасов Н.Т.* *Земля и Вселенная*. 2022, № 1, с. 52-62. Рус.

Еще в 1853 г. всемирно известный астроном Рудольф Вольф предположил, что повышение солнечной активности (СА) может влиять на сейсмичность Земли. Более широкие исследования влияния процессов, протекающих на Солнце и в околоземном пространстве на состояние земной коры и сейсмичность, начались 50-60 лет назад, когда развитие инструментальных наблюдений на Земле и в околоземном пространстве позволило получать большие объемы данных, необходимых для таких исследований. За прошедшие годы этой теме был посвящен целый ряд работ, выполненных как в России (СССР), так и за рубежом. Такой интерес вызван тем, что новые результаты, полученные в этом направлении, могут помочь более точно предсказывать периоды повышения сейсмической опасности на Земле, изучить воздействие на сейсмичность факторов разной физической природы и более полно понять закономерности солнечно-земных связей. Однако опубликованные результаты нередко носят противоречивый характер. Дискуссионными остаются также вопросы о первопрочине и физическом механизме влияния СА на сейсмичность Земли. Поэтому требуются дальнейшие исследования. В предлагаемой работе представле-

ны новые результаты, полученные автором при исследовании влияния на сейсмичность Земли магнитных бурь (МБ) и других факторов, связанных с повышением СА.

22.02-01.424 Космические или наземные? *Шустов Б.М.* *Земля и Вселенная*. 2022, № 1, с. 63-73. Рус.

Казалось бы, необходимость выведения телескопов в космос общепризнана, но все же многие и специалисты, и неспециалисты в астрономии, узнав о том, какие гигантские стоимости имеют крупные космические обсерватории, высказывают мнение, что рациональнее было бы направить значительную часть этих средств на развитие наземной астрономии. В этой статье обсуждаются преимущества и недостатки космических телескопов, рассказывается, почему космические телескопы такие дорогие и почему все-таки эти средства нужно тратить. Хорошо бы, чтобы у читателей сложилось (укрепилось) представление о том, что правильнее ставить акцент не на противопоставлении двух основных технологических направлений, а на их синергии. В статье приведены примеры такой синергии.

22.02-01.425 Пулковская обсерватория — вокруг рефрактора. *Кияева О.В., Измайлов И.С., Соболева Т.В., Шахт Н.А.* *Земля и Вселенная*. 2022, № 1, с. 74-88. Рус.

Описан 26-дюймовый рефрактор, самый большой линзовый телескоп в Европе, который продолжает успешно наблюдать в Пулковской обсерватории. Однако история данного телескопа началась задолго до его рождения.

22.02-01.426 Сравнение численных методов моделирования движения искусственного спутника Земли. *Лобачев И.В., Масленников А.Л., Вереникин С.Н.* *Авиакосмическое приборостроение*. 2021. 25, № 2, с. 38-47. Рус.

Перспективные направления развития космонавтики требуют проектирования и разработки все более сложных систем имитационного моделирования. Эти системы должны моделировать и динамику космических аппаратов, их бортовых систем и физические измерения. В условиях большого числа моделируемых объектов встает вопрос об оптимизации самого процесса моделирования, для обеспечения его функционирования в режиме реального времени или близкому к нему. Одним из направлений подобной оптимизации может быть рациональный выбор численного метода решения задачи Коши, используемого для моделирования динамики космических аппаратов. Наиболее эффективным может считаться метод, обеспечивающий достаточную точность при минимуме объема вычислений. В данной работе проводится сравнение ряда как широко известных, так и менее известных численных методов решения задачи Коши на примере моделирования возмущенного движения искусственного спутника Земли. Ключевые слова: моделирование, численные методы, метод Йошиды, метод Leapfrog, метод Рунге—Кутты, метод Адамса—Башфорта, искусственный спутник Земли, космический аппарат.

22.02-01.427 Два механизма аэротермомеханического разрушения при гиперзвуковых скоростях обтекания в воздухе. *Герасимов С.И., Ерофеев В.И., Кикеев В.А., Фомкин А.П., Яценко Б.А., Герасимова Р.В.* *Проблемы прочности и пластичности*. 2018. 80, № 2, с. 219-226. Рус.

Рассматриваются вопросы организации защиты Земли от столкновения с космическими объектами. Проанализирована эффективность различных способов дробления космических объектов с целью ослабить опасные последствия от их падения на Землю. В рамках проблемы решалась задача экспериментального исследования аэротермомеханического уноса на начальном участке разгона модели метеорита при гиперзвуковых скоростях в условиях интенсивного фонового излучения. На основании рентгеновских снимков и фотоснимков движения тела в атмосфере Земли при гиперзвуковых скоростях предложена качественная картина аэротермомеханического уноса и торможения стальных шариков и шариков, изготовленных из композитного сплава вольфрам-никель-железо. Показано, что характер процессов, наблюдаемых при полете стальных шариков и шариков из композитного сплава, различен. Во время полета под действием аэродинамического теплового потока (конвективного и излучения) происходит интенсивный нагрев лобовой

поверхности объектов, начинается унос материала, обуславливающий изменение массы и обводов. При продвижении от полюсного участка лобовой поверхности по потоку происходит снижение уровня тепловых нагрузок и, соответственно, остывание пленки. Поэтому возрастает вязкость расплава, скорость течения пленки падает, и происходит формирование наплыва. Накапливающийся расплав периодически срывается с поверхности тела. По мере торможения тепловые потоки снижаются, унос прекращается, и в дальнейшем обводы объектов уже не меняются, а температура поверхности падает. У стальных шариков унос проходит из-за проплавления наружного слоя и сброса капель. У шариков из сплава вольфрам-никель-железо механизм уноса связан с разными температурами плавления компонентов и приводит к движению вольфрамовых частиц в направлении, нормальном к направлению полета тела.

22.02-01.428 К вопросу о затухании свободной прецессии астероидов. Новиков В.В., Февральских Л.Н. *Проблемы прочности и пластичности*. 2018. 80, № 2, с. 227-237. Рус.

Изучается проблема оценки времени затухания свободной прецессии астероидов. Астероиды рассматриваются как упругие твердые тела, обладающие в недеформированном состоянии различными осевым и экваториальным моментами инерции. Рассматриваются два механизма диссипации энергии: за счет внутреннего трения, обусловленного вязкоупругими свойствами, и тепловых процессов, связанных с макроскопической термодиффузией. Приводятся выражения коэффициентов затухания прецессии для каждого из рассматриваемых механизмов диссипации. Для некоторой группы наиболее известных астероидов проводится оценка времени затухания движений в теле астероида оси устойчивого вращения. Представлена зависимость времени затухания прецессии от среднего диаметра астероидов и периода их собственного вращения. Отмечается увеличение продолжительности свободной прецессии с уменьшением размера астероидов и замедлением собственного вращения. Проводится сравнение времени затухания прецессии со средним временем между последовательными столкновениями астероидов, приводящими к отклонению осей вращения от устойчивого положения. Оценки показывают, что большинство рассмотренных астероидов имеет время затухания, меньшее времени между последовательными столкновениями. При оценке времени затухания прецессии изучается вклад в этот процесс каждого из рассматриваемых механизмов диссипации. Установлено, что для тел небольшого размера с продолжительным периодом собственного вращения диссипация в основном обусловлена вязкоупругими свойствами астероидов. Отмечено существенное влияние термодиффузии на затухание угловых движений больших быстро вращающихся астероидов, причем, в отличие от внутреннего трения, для некоторых астероидов термодиффузия приводит к уменьшению времени затухания прецессии, достаточному, чтобы наблюдать их вращение относительно оси наибольшего момента инерции.

22.02-01.429 Нетепловая потеря атмосферы субнептуна π Men c за счет экзотермической фотохимии. Автаева А.А., Шематович В.И. *Астрономический вестник*. 2022. 56, № 2, с. 75-83. Рус.

оценивается вклад реакций экзотермической фотохимии, а именно диссоциации молекулярного водорода, жестким УФ-излучением и сопутствующим потоком фотоэлектронов в образование фракции надтеплого атомарного водорода в переходной $\text{H}_2 \rightarrow \text{H}$ области протяженной верхней атмосферы экзопланеты — горячего субнептуна π Men c и формирование соответствующего потока убегания из атмосферы. Рассчитаны скорость образования и энергетический спектр атомов водорода, образующихся с избытком кинетической энергии при диссоциации H_2 . При помощи численной стохастической модели горячей планетной короны исследованы на молекулярном уровне кинетика и перенос надтепловых атомов водорода в протяженной верхней атмосфере, и рассчитан нетепловой поток убегания. Поток убегания оценен величиной $2.5 \cdot 10^{12} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ для умеренного уровня звездной активности в УФ-излучении, что позволяет получить верхнюю оценку скорости потери атмосферы за счет процессов диссоциации H_2 , равной $6.7 \cdot 10^8 \text{ г} \cdot \text{с}^{-1}$. Расчетная оценка близка к полученным из наблюдений оценкам

возможной скорости потери атмосферы экзопланеты π Men c в диапазоне не выше, чем $1.0 \cdot 10^9 \text{ г} \cdot \text{с}^{-1}$. Данная оценка скорости потери атмосферы экзопланетой π Men c за счет надтепловых атомов водорода может рассматриваться как среднее значение, так как расчеты проведены для условий умеренной звездной активности в УФ-излучении и для минимальных значений вероятностей преддиссоциации возбужденных электронных уровней молекулы H_2 . Предложенный источник надтепловых атомов водорода рекомендуется включить в современные астрономические модели физических и химических процессов в верхних атмосферах горячих экзопланет.

22.02-01.430 Coronas Венеры: геологические, топографические и морфометрические характеристики. Гусева Е.Н., Иванов М.А. *Астрономический вестник*. 2022. 56, № 2, с. 84-91. Рус.

Короны — это крупные (до 2500 км в диаметре) кольцевые формы рельефа Венеры, определяющим структурным элементом которых является кольцевое обрамление, состоящее из плотно упакованных борозд/гряд. Мы провели детальный фотogeологический и топографический анализ 550 корон и установили следующее: (1) для корон с более молодым обрамлением из рифтовых трещин характерен топографический профиль с доминирующим центральным куполом (класс D). Такой профиль, вероятно, характеризует прогрессивную стадию эволюции родительского диапира. (2) Короны переходного типа с обрамлением, состоящим из поясов борозд и рифтовых трещин, чаще имеют профиль с центральным поднятием, окруженным одной или несколькими концентрическими депрессиями (класс W). Такой профиль может соответствовать переходу от прогрессивной к регрессивной стадии эволюции диапира. (3) Короны, обрамленные более древними поясами борозд или морфологически слабо выраженные в рельефе. Они имеют профиль в виде топографической депрессии (класс U), днище которой может быть осложнено одним или несколькими кольцевыми поднятиями. Такой профиль, возможно, относится к регрессивной стадии эволюции диапира. По-видимому, характерные топографические профили корон соответствуют разным стадиям их формирования и эволюции родительских диапиров. Значительно меньшее количество D-образных корон по сравнению с коронами классов W и U свидетельствует о существенном снижении темпов мантийного диапиризма на поздних стадиях геологической истории Венеры.

22.02-01.431 Спектральные признаки одновременной сублимационной активности и появления пылевой экзосферы у восьми астероидов главного пояса вблизи перигелия. Бусарев В.В., Савелова А.А., Щербина М.П., Барабанов С.И. *Астрономический вестник*. 2022. 56, № 2, с. 92-108. Рус.

В декабре 2020 г. на 2-м телескопе Терскольского филиала ИНАСАН проведены спектрофотометрические наблюдения в диапазоне $\sim 0.36\text{--}0.95 \text{ мкм}$ девяти астероидов Главного пояса (19 Фортуны, 52 Европы, 102 Мирам, 177 Ирмы, 203 Помпей, 250 Беттины, 266 Алины, 379 Гуенны и 383 Янины), находившихся вблизи перигелиев своих орбит со значительными эксцентриситетами, с целью определения влияния на них максимальных подсолнечных температур. Изучение спектров отражения астероидов показало, что минералогия их вещества является низкотемпературной и в основном соответствует ранее установленной классификации (Tholen, 1989; Bus, Binzel, 2002). Но в спектрах восьми астероидов (за исключением 102 Мирам) впервые обнаружены значительные отклонения, выходящие за спектральные границы их таксономических типов при отсутствии заметных изменений спектральной прозрачности земной атмосферы на интервалах времени, меньших и превышающих время экспозиции. Такие особенности можно интерпретировать как рассеяние света подвижной (или неоднородной) пылевой экзосферой, образующейся у этих астероидов вблизи перигелия в процессе сублимации льдов при наиболее высоких подсолнечных температурах. Кроме того, как следует из данных, полученных со спутников GOES-16 и SOHO, на рассматриваемые астероиды в конце ноября 2020 г. (за 10 дней до начала наших наблюдений) оказала воздействие сильная солнечная вспышка в рентгеновском диапазоне, а затем — ударная волна в солнечном ветре, вызванная квазисинхронным с

рентгеновской вспышкой корональным выбросом вещества на Солнце. Вероятно, это привело к дополнительному усилению сублимационной активности астероидов и проявлений производной пылевой экзосферы.

22.02-01.432 Транспортные характеристики иерархического приповерхностного слоя ядра кометы 67P/Чурюмова—Герасименко. *Решетник В., Скоров Ю., Бенгли М., Резак Л., Хартог П., Блюм Ю. Астрономический вестник.* 2022. 56, № 2, с. 109-131. Рус.

Развитие исследований, в которых рассматривается свободно-молекулярное течение газа через пылевой пористый поверхностный слой кометного ядра. Ранее рассматривались различные типы как однородных, так и неоднородных слоев, построенных из непересекающихся сфер, включая слои, содержащие микротрещины или внутренние полости. Вместе с тем данные, полученные при выполнении космической миссии Rosetta, убедительно доказывают, что приповерхностный слой состоит из пористых агрегатов, а не из простых твердых частиц. В представленном исследовании предлагаются модели, в которых слой конструируется из пористых агрегатов, образовавшихся в ходе баллистической агломерации. Эффективная пористость получившихся модельных слоев находится в диапазоне значений, полученных из анализа наблюдений кометы Чурюмова—Герасименко. Используя метод пробных частиц, получены количественные оценки функции распределения длин пролетов, проницаемости слоя и других эффективных кинетических характеристик продуктов сублимации, прошедших через неизотермический пористый слой. В дополнение получены оценки для объемного поглощения видимого солнечного излучения в приповерхностном поглощающем слое. Для всех изучаемых транспортных характеристик представлены аппроксимационные выражения, которые позволяют эффективно их использовать в нестационарных теплофизических моделях физики кометного ядра.

22.02-01.433 Динамическая эволюция пар транснептуновых объектов. *Кузнецов Э.Д., Аль-Шиблави О.М., Гусев В.Д. Астрономический вестник.* 2022. 56, № 2, с. 132-144. Рус.

Выполнен поиск пар транснептуновых объектов на близких орбитах с большими полуосями более 30 а.е. Расстояния в пространстве кеплеровых орбит оценивались с помощью метрик Холшевникова. Обнаружено 26 пар транснептуновых объектов с метриками менее $0.07 (a.e.)^{1/2}$. На основе номинальных орбит численным методом изучена динамическая эволюция пар транснептуновых объектов на интервале времени 10 млн лет в прошлое. Для пары 2003 QL91—2015 VA173 выполнено исследование вероятностной эволюции на интервале 10 млн лет в прошлое. Оценки возраста пар транснептуновых объектов, полученные различными методами: анализ низкоскоростных сближений объектов, сходимости орбит, сближений линий узлов и апсид, дают противоречивые результаты. Возраст большинства рассмотренных пар превышает 10 млн лет.

22.02-01.434 Математическое моделирование развития неустойчивости Паркера крупномасштабных колебаний магнитных полей в конвективной зоне Солнца. *Степанов Е.А., Майоров А.О., Романов К.В., Романов Д.В., Романов В.А. Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика.* 2021. 21, № 2, с. 106-115. Рус.

Рассмотрен физический механизм генерации устойчивого волнового потока на фотосферном уровне, обеспечивающий аномальный прогрев солнечной атмосферы на различных стадиях цикла активности Солнца. На базе консервативной разностной схемы разработан алгоритм расчета динамики тонкой магнитной трубки при движении в конвективной зоне и солнечной атмосфере. Определены условия равновесия положения магнитной трубки на различных глубинах конвективной зоны, типы линейных колебаний трубки вблизи положения равновесия: быстрые (альфвеновские) и медленные (варикозные) волны. Исследуются условия потери устойчивости для медленных мод колебаний на различных глубинах конвективной зоны и развитие неустойчивости Паркера, приводящей к выбросу магнитных полей в атмосферу Солнца. Определен физиче-

ский механизм генерации слабых ударных волн на фотосферном уровне всплывающими магнитными полями на нелинейной стадии развития (насыщения) неустойчивости Паркера.

22.02-01.435 Бесконтактный захват и удаление объекта космического мусора с помощью электромагнитной индукции. *Патель И.К., Тихонов А.А. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия.* 2021. 8, № 4, с. 670-682. Рус.

Анализируется возможность бесконтактного захвата электропроводящего объекта космического мусора (ОКМ) с использованием электромагнитной индукции на основе закона индукции Фарадея и закона Ленца. Предполагается, что космический аппарат (КА), осуществляющий захват ОКМ, снабжен торoidalной электрической катушкой, генерирующей достаточно сильное магнитное поле и индуцирующей магнитное поле на ОКМ, приближающемся к КА. Динамика орбитального движения ОКМ относительно КА моделируется с помощью уравнений Клохесси—Уилтшира и изучается численно. Предложенный метод бесконтактного электромагнитного захвата электропроводящего ОКМ может быть использован для перевода ОКМ на целевую орбиту, в частности на орбиту захоронения. Реализуемость метода обсуждается на основе результатов моделирования. Определяются направления совершенствования и развития метода.

22.02-01.436 Описание блока расчета поля солнечного излучения в модели общей циркуляции нижней и средней атмосферы Земли. *Четверушкин Б.Н., Мингалева И.В., Четветкин В.М., Орлов К.Г., Федотова Е.А., Мингалева В.С. Мат. моделир.* 2022. 34, № 3, с. 43-70. Рус.

Изложено описание методов расчета поля солнечного излучения в радиационном блоке модели общей циркуляции нижней и средней атмосферы Земли. В этих расчетах используется новая параметризация молекулярного поглощения в диапазоне частот от 2000 до 50000 см^{-1} в интервале высот от поверхности Земли до 100 км. При построении параметризации учитывается изменение газового состава атмосферы с высотой, а также учитывается нарушение локального термодинамического равновесия в колебательных полосах углекислого газа с длиной волны около 4.3 и 2.7 мкм на высотах выше 70 км. Для численного решения уравнения переноса излучения используется метод дискретных ординат. Результаты расчетов, выполненных с помощью радиационного блока модели, сравниваются с результатами эталонных расчетов поля солнечного излучения в нижней и средней атмосфере Земли, выполненных с очень высоким разрешением по частоте. Показано, что блок модели обеспечивает хорошую точность расчетов как при отсутствии облаков, так и при наличии облачных слоев с большой оптической толщиной.

22.02-01.437 Движение звезд в слоисто-неоднородных эллиптических галактиках. *Гасанов С.А. Астрон. ж.* 2022. 99, № 2, с. 91-99. Рус.

На основе созданной ранее модели рассмотрена задача о пространственном движении пассивно-гравитирующего тела (ПГТ) в гравитационном поле слоисто-неоднородной эллиптической галактики (СНЭГ). Считается, что СНЭГ состоит из барионной массы (БМ) и темной материи (ТМ), которые обладают отличными друг от друга законами распределения плотности. В качестве ПГТ берется звезда или центр масс шарового скопления, в движении которого учитываются притяжения БМ и ТМ. Для получения точных результатов потенциалы притяжения БМ и ТМ не разлагаются в ряд, а берутся их точные выражения. Найден аналог интеграла Якоби, определена область возможности движения ПГТ, и построены поверхности нулевой скорости. Установлена устойчивость в смысле Ляпунова найденных стационарных решений — точек либрации. Полученные результаты применены к эллиптическим галактикам NGC 4472 (M 49), NGC 4697 и NGC 4374 (M 84).

22.02-01.438 Исследование магнитных свойств тени солнечных пятен. *Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г., Обридо В.Н., Руденко Г.В. Астрон. ж.* 2022. 99, № 2, с. 100-150. Рус.

Представлены результаты исследования солнечных пятен, полученные авторами обзора и другими исследователями за по-

следние годы. Обсуждаются результаты исследования атмосферы над тенью пятен по данным наблюдений в спектральных линиях верхней хромосферы и нижней короны. Показано, что отдельные параметры профиля этих линий различаются в ведущих и замыкающих пятнах. Выказана и проверена гипотеза о связи параметров профилей этих спектральных линий с параметрами магнитного поля в тени пятен. Проведен сравнительный анализ магнитных свойств тени ведущих и замыкающих пятен в активных областях (АО) без взрывных процессов (ВП). Для анализа отобраны только пары магнитно-связанных ведущих и замыкающих пятен, т.е. соединенных силовыми линиями магнитного поля. Показано, что значения ряда параметров магнитного поля в тени солнечных пятен и характер связи между ними зависят от типа пятен. Так, в тени ведущих и замыкающих пятен близкой площади различаются максимальное и среднее значения магнитной индукции. Также различаются зависимости минимального угла наклона силовых линий к радиальному направлению из центра Солнца и средний угол наклона линий поля от площади тени ведущих и замыкающих пятен. Для магнитно-связанных ведущих и замыкающих пятен показано, что расстояния от центра тени каждого типа пятен до главной линии раздела полярности фотосферного поля в АО различаются. В работе также обсуждается изменение со временем различных параметров магнитного поля тени пятен отдельно для одиночных, магнитно-связанных солнечных пятен и солнечных пятен магнитно-связанных АО, определенных нами как магнитные комплексы активности (МКА). Исследована эволюция магнитных характеристик солнечных пятен, в том числе солнечных пятен в МКА во время радикальной перестройки магнитной конфигурации. Обнаружено влияние ВП на характеристики магнитного поля в пятнах. Одной из целей работы являлось выявить, чем могут отличаться свойства пятен в АО без ВП и в АО с различного рода активностью, как, например, с солнечными вспышками и формированием корональных выбросов массы.

22.02-01.439 Влияние изменения относительного числа пор в циклах активности на реконструкцию индекса солнечных пятен. *Тлатова К.А., Васильева В.В., Березин И.А., Илларионов Е.А., Тлатов А.Г.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 2, с. 151-159. Рус.

Выполнен анализ относительного числа групп в циклах 21–24 на основе оцифровки наблюдений пятен обсерватории Локарно (Locarno, Швейцария). В Цюрихской классификации групп солнечных пятен присутствуют классы от А до J. Классы соответствуют процессу развития и распада групп солнечных пятен. Группы класса А и В соответствуют одиночным порам или их небольшому скоплению (класс А) и биполярной группе (класс В). Для реконструкции солнечных индексов большое значение имеет относительное число групп (А+В). Мы нашли значительные вариации относительного числа пятен групп (А+В) в циклах активности. Если в минимумах активности относительное число групп (А+В) составляет 45–50%, то в максимумах цикла активности наблюдается уменьшение до 25–30%. В первоначальном индексе пятен R , предложенном R. Wolf, поры не учитывались, а множество ядер, объединенных одной полутенью, считались как одно пятно. После 1893 г. по предложению A. Wolfer методика подсчета индекса солнечных пятен изменилась. Стали учитываться поры и все отдельные ядра в пятнах — этот индекс обозначается Rz . Считается, что между индексами пятен Wolf (R) и Wolfer (Rz) существует постоянный коэффициент перехода, близкий к $R/Rz=0.6$. Мы обнаружили, что это предположение неверно, а R/Rz зависит от амплитуды цикла активности, меняясь для цикла N19 $R_{19} \sim 0.34$, а для периода гранд минимума $R_{MM} \sim 0.64$.

22.02-01.440 Вариации радиальной зависимости уровня межпланетных мерцаний на фазе спада 24 цикла солнечной активности. *Лукманов В.Р., Чашей И.В.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 2, с. 160-164. Рус.

Представлены результаты длительной (2015–2019 гг.) серии наблюдений межпланетных мерцаний, выполненных на радиотелескопе БСА ФИАН на частоте 111 МГц. Анализируются радиальные зависимости относительного уровня (индекса) межпланетных мерцаний радиосточника 3С 48, луч зрения на который в течение года смещается от низких до средних и высо-

ких гелиоширот. Показано, что для всех годовичных серий радиальная зависимость индекса мерцаний оказывается более пологой, чем ожидается для модели сферически симметричной среды. Отличие объясняется широтным эффектом с учетом влияния экваториального слоя с повышенной плотностью плазмы. Моделирование низкоширотного слоя показывает, что толщина слоя на фазе спада солнечной активности в среднем в два раза больше, чем вблизи минимума активности.

22.02-01.441 Об индексах массы метеорных тел. I. Модель образования метеороидных потоков. *Шустов Б.М., Золотарёв Р.В.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 2, с. 165-176. Рус.

Из наблюдений известно, что спектры масс метеорных тел (метеороидов), вызывающих явления спорадических метеоров, и тел в метеорных потоках в дифференциальном виде близки к $dN \propto M^{-s} dM$, причём индекс массы $s \sim 2$ в случае спорадических метеоров и $s < 2$ (1.5–1.8) для метеорных потоков. Мы проанализировали причины такого различия. Мы полагаем, что значение индекса $s \sim 2$ отражает случайный характер процесса образования потоков метеороидов как в результате распада комет, так и при столкновениях астероидов и более крупных метеороидов. Отклонение значения индекса от 2 отражает влияние дальнейшей эволюции метеороидных потоков. В работе рассмотрена постановка первой части задачи об эволюции спектра масс тел в метеороидных потоках. Эта часть относится к определению поля скоростей частиц различной массы, покидающих кометное ядро, т.е. к обоснованию выбора входных параметров соответствующей численной модели для расчета дальнейшей эволюции метеороидного потока. Важной особенностью является рассмотрение ансамбля частиц различных размеров в диапазоне размеров (масс), позволяющих использовать для сравнения наиболее обильные радарные данные определения масс метеороидов.

22.02-01.442 Оценка массы очень массивного скопления галактик SRGe CL2305.2-2248 по сильному линзированию. *Хамитов И.М., Бикмаев И.Ф., Лыскова Н.С., Круглов А.А., Буренин Р.А., Гальфанов М.Р., Гроховская А.А., Додонов С.Н., Сазонов С.Ю., Старобинский А.А., Сюняев Р.А., Хабибуллин И.И., Чуразов Е.М.* *Письма в Астрон. ж.* 2022. 48, № 1, с. 3-11. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822010041.

22.02-01.443 Кинематика галактики по молодым рассеянным звездным скоплениям с данными из каталога Gaia EDR3. *Бобылев В.В., Байкова А.Т.* *Письма в Астрон. ж.* 2022. 48, № 1, с. 12-23. Рус.

DOI: 10.31857/S03200108221120019.

22.02-01.444 Об особенностях моделирования сверхновых типа IIp в приближении серой непрозрачности и свойства их кривых блеска. *Урвачев Е.М., Блинников С.И., Глазырин С.И., Вакланов П.В.* *Письма в Астрон. ж.* 2022. 48, № 1, с. 24-33. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822010077.

22.02-01.445 Модели магнитосферной аккреции на молодые звезды в отсутствие ионизационного равновесия. *Дмитриев Д.В., Гринин В.П.* *Письма в Астрон. ж.* 2022. 48, № 1, с. 34-42. Рус.

DOI: 10.31857/S032001082201003X.

22.02-01.446 Симбиотическая природа циркониевой звезды CSS 1102. *Масленникова Н.А., Татарникова А.А., Татарников А.М., Иконникова Н.П., Додин А.В.* *Письма в Астрон. ж.* 2022. 48, № 1, с. 43-51. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822010053.

22.02-01.447 Различие характеристик солнечных макроспикулов на низких и высоких широтах. *Богачёв С.А., Лобода И.П., Рева А.А., Ульянов А.С., Курченко А.С.* *Письма в Астрон. ж.* 2022. 48, № 1, с. 52-60. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822010028.

22.02-01.448 Методика расчета параметров серии "больших" коррекций траекторий полета КА "Спектр-РГ" для улучшения его радиовидимости. *Мишай-*

лов Е.А., Ахсенов С.А., Заславский Г.С., Мажельский П.В., Погодин А.В. *Письма в Астрон. ж.* 2022. 48, № 1, с. 61-74. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822010065.

22.02-01.449 Бессточная геометрия коломбо в сингулярной общей относительности. The point free colombeau geometry in singular general relativity. *Foukzon Ja., Potarov A.A., Men'kova E.R. Нелинейный мир.* 2021. 19, № 1, с. 58-72. Англ.

22.02-01.450 Требования к перспективным фотоприемным устройствам для бортовых оптико-электронных комплексов зондирования Земли, атмосферы и космоса. *Михеев П.А., Мирзоева Л.А., Маковцев Г.А., Васильев В.В., Лустберг Э.А., Камешков Г.Б., Амосова Л.П. Прикладная физика.* 2000, № 5, с. 108-114. Рус.

На основе анализа излучательных характеристик объектов и фонов сформулированы основные требования к фотоприемным устройствам нового поколения для бортовых космических, авиационных и наземных оптико-электронных комплексов, предназначенных для зондирования и мониторинга поверхности Земли, атмосферы и космического пространства. Исходя из усложнившихся задач обнаружения слабых источников излучения, предлагается расширить работы по созданию "смотрящих" матриц и матриц, работающих в режиме временной задержки и накопления (ВЗН) больших форматов.

22.02-01.451 Особенности передающих телескопов для систем лазерной связи. *Страхов С.Ю., Трулис А.В., Сотникова Н.В. Оптический журнал.* 2021. 88, № 5, с. 52-60. Рус.

Рассмотрены вопросы разработки бортовых систем лазерной связи. Как главные обозначены вопросы обеспечения минимальных массогабаритных характеристик при обеспечении требуемого уровня оптического качества. Приведены примеры технических решений при формировании передающих каналов систем связи. Рассмотрены особенности разработок зеркальных и линзовых систем для применения в условиях космоса, связанные с исходным оптическим качеством телескопов и их дефокусировкой, возникающей в процессе термических деформаций конструкции и при изменении показателя преломления (при переходе из воздушной среды в вакуум).

22.02-01.452 Солнечный оптический телескоп для спектромагнитографа космического базирования "Тахомаг-МКС". *Кожеватов И.Е., Силлин Д.Е., Ступачев С.Е. Оптический журнал.* 2021. 88, № 9, с. 52-62. Рус.

Представлен солнечный оптический телескоп, разработанный для спектромагнитографа космического базирования «Тахомаг-МКС». Показано, что телескоп обеспечивает построение практически безабберационных изображений солнечной фотосферы с угловым разрешением 0,35" по критерию Рэля. Обсуждаются примененные при разработке телескопа конструктивные решения, обусловленные спецификой работы телескопа в условиях космоса и в составе спектромагнитографа.

22.02-01.453 Бинокулярные лупы на основе телескопической системы Галилея. *Бездидько С.Н., Мишин С.В., Можаров Г.А. Оптический журнал.* 2021. 88, № 10, с. 36-43. Рус.

Представлено исследование актуальности разработки медицинских бинокулярных луп на основе телескопических систем Галилея и Кеплера в наши дни. В статье рассмотрены краткая история развития и современные аспекты применения бинокулярных луп в медицине. Определены основные требования, предъявляемые к бинокулярным лупам медицинскими работниками. Сформулированы основные этапы разработки оптических схем бинокулярных луп. Приведены оптические схемы и характеристики конкретных вариантов бинокулярных луп на основе телескопической системы Галилея, предлагаемых для практической реализации.

22.02-01.454 О моделях гравитационного взаимодействия. *Амелькин Н.И. Прикл. мат. и мех.* 2022. 86, № 1, с. 3-17. Рус.

В рамках задачи о движении по инерции в искривленном пространстве-времени найдено однопараметрическое семейство

моделей тяготения, для которых смещения перигелиев орбит планет и отклонение лучей света в гравитационном поле Солнца совпадают со значениями, предсказываемыми ОТО. Из этого семейства выделяется одна модель, в которой гравитационное взаимодействие является строго центральным, а при нулевой относительной скорости взаимодействующих материальных точек точно описывается законом тяготения Ньютона.

22.02-01.455 Одновременное наблюдение аврорального километрового радиоизлучения от северных и южных источников. *Чернышов А.А., Могилевский М.М., Чугунин Д.В., Колтак В.И. Известия РАН. Серия физическая.* 2022. 86, № 3, с. 370-374. Рус.

Показаны результаты наблюдения аврорального километрового радиоизлучения от источников в авроральных областях северного и южного полушарий, которые одновременно регистрируются и анализируются с использованием данных спутника ERG (Arase). Отмечены различия в генерации аврорального километрового радиоизлучения в северном и южном полушариях. Показано, что в разное время преобладают северные или южные источники аврорального километрового радиоизлучения.

22.02-01.456 Совместная регистрация пульсирующих сияний на спутнике Ломоносов и камерой всего неба на кольском полуострове. *Климов П.А., Козлов Б.В., Ролдугин А.В., Сигаева К.Ф. Известия РАН. Серия физическая.* 2022. 86, № 3, с. 375-379. Рус.

В 2016–2017 гг. на борту спутника Ломоносов работал высокочувствительный телескоп с высоким временным разрешением ТУС. Детектором произведены измерения УФ пульсаций в авроральной зоне с временным разрешением 6.6 мс. Проанализированы случаи совместных наблюдений детектором ТУС и камерой всего неба на Кольском полуострове, показано, что поле зрения ТУС проецируется в широкую область пульсирующих полярных сияний и определена тонкая временная структура пульсаций.

22.02-01.457 Моделирование колебательных населенностей метастабильного молекулярного азота в атмосфере титана во время высыпания высокоэнергичных частиц. *Кириллов А.С., Вернер Р., Гинева В. Известия РАН. Серия физическая.* 2022. 86, № 3, с. 414-422. Рус.

Исследована кинетика триплетных состояний молекулярного азота на высотах верхней и средней атмосферы Титана во время высыпания в атмосферу высокоэнергичных электронов и космических лучей. Впервые при расчете концентраций метастабильного молекулярного азота $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ учитываются столкновительные молекулярные процессы с атмосферными составляющими. Численно показано, что неупругие молекулярные столкновения приводят к преимущественной аккумуляции энергии электронного возбуждения метастабильного азота на нижнем колебательном уровне $\nu=0$ на высотах средней атмосферы.

22.02-01.458 Астроклимат равнинных высокогорных зон большого алтая по данным спутникового дистанционного зондирования: потенциал для размещения полномасштабного гамма-астрономического эксперимента. *Мордвин Е.Ю., Волков Н.В., Ревакин А.И., Тогоо Р., Астапов И.И., Безвязыков П.А., Бланк М., Бонвеч Е.А., Бородин А.Н., Брюкнер М., Буднев Н.М., Булан А., Вайдянатан А., Вишневецкий Р., Волчугин П.А., Воронин Д.М., Гармаш А.Ю., Гафаров А.Р., Гребенюк В.М., Гресс О.А., Гресс Т.И., Гришук А.А., Гришин О.Г., Дячок А.Н., Журов Д.П., Загородников А.В., Иванова А.Л., Калмыков Н.Н., Киндин В.В., Кирухин С.Н., Кокоулин Р.П., Компаниец К.Г., Коростелева Е.Е., Кожин В.А., Кравченко Е.А., Кроков А.П., Кузьмичев Л.А., Кьявасса А., Лагутин А.А., Лемешев Ю.Е., Лубсандоржиев Б.К., Лубсандоржиев Н.Б., Мирзаев Р.Р., Мирзоян Р., Монхоев Р.Д., Осипова Е.А., Пазорукоев А.Л., Пан А., Панасюк М.И., Паньков Л.В., Петрухин А.А., Подгрудков Д.А., Полещук В.А., Попеску М., Попова Е.Г., Порелли А., Постников Е.Б., Просин В.В., Птускин В.С., Пушин А.А., Райкин Р.И., Рубцов Г.И.,*

Рябов Е.В., Сагань Я.И., Самолига В.С., Свешникова Л.Г., Силаев А.А., Силаев (мл.) А.А., Сидоренков А.Ю., Скуригин А.В., Слунечжа М., Соколов А.В., Суворкин Я.В., Таболенко В.А., Танаев А.Б., Таращанский В.А., Терновой М.Ю., Ткачев Л.Г., Тлущиконт М., Ушаков Н.А., Хорнс Д., Черноз Д.В., Яшин И.И. Известия РАН. Серия физическая. 2022. 86, № 3, с. 452-456. Рус.

С использованием ночных данных радиометра VIIRS спутниковой платформы Suomi NPP и данных гиперспектрометра AIRS спутника Aqua проведено исследование астроклиматических условий для выполнения ночных астрофизических наблюдений на территории региона Большой Алтай. Установлено, что по топографическим и астроклиматическим критериям для размещения полномасштабного гамма-астрономического эксперимента наиболее подходят район Чуйской степи (Республика Алтай, Россия) и плато озера Хубсугул (аймак Хувсгел, Монголия). Учет особенностей инфраструктуры делает предпочтительным полигон в западной части Чуйской степи.

22.02-01.459 Влияние протока газа на эффективность плазменной системы очистки входного зеркала оптической диагностики ИТЭР "активная спектроскопия". *Рогов А.В., Капустин Ю.В. Приборы и техника эксперимента. 2022, № 1, с. 77-81. Рус.*

Представлены результаты исследования влияния протока газа через область разряда и близкого к разрядной ячейке расположения стенок диагностического порта на эффективность плазменной системы очистки входного зеркала оптической диагностики "Активная спектроскопия", разрабатываемой в России для реактора ИТЭР. Эксперименты проводились на полноразмерном функциональном макете разрядной ячейки, работающей на постоянном или однополярном импульсном токе, электрически изолированной от стенок вакуумной камеры. Материал макета входного зеркала — Мо. Рабочий газ — Ar. Использовалась вакуумная установка с динамической стабилизацией давления рабочего газа. Отсутствие протока газа через область разряда и близость стенок диагностического порта ИТЭР к разрядной ячейке моделировались размещением разряд-

ной ячейки внутри коробчатого газодинамического обтекателя, помещенного в вакуумную камеру. Эксперименты с протоком газа при большом расстоянии от разрядной ячейки до стенок вакуумной камеры проводились без использования обтекателя. Выявлено, что отсутствие протока газа при малом удалении элементов разрядной ячейки от стенок вакуумной камеры увеличивает эффективность очистки.

22.02-01.460 Создание сферических облаков лазерной плазмы для моделирования трехмерных эффектов динамики искусственных плазменных выбросов в околоземном космическом пространстве. *Захаров Ю.П., Терехин В.А., Шайхисламов И.Ф., Посух В.Г., Трушин П.А., Чибранов А.А., Березуцкий А.Г., Руменский М.С., Ефимов М.А. Квантовая электроника. 2022. 52, № 2, с. 155-159. Рус.*

Впервые для решения задач лабораторного моделирования космофизических явлений взрывного характера (активные эксперименты типа АМРГЕ, с выбросами бария в магнитосфере) были созданы и применены сферические облака лазерной плазмы (ОЛП) (в экспериментах на стенде КИ-1 ИЛФ СО РАН). Использована классическая четырехлучевая схема облучения (правильный тетраэдр) шарика-мишени (1 см из полиэтилена) излучением СО₂-лазера с энергией до 500 Дж. Достигнута высокая степень симметрии разлета близкого к сфере ОЛП с умеренной скоростью ~100 км/с и энергией до 30 Дж. Впервые промоделированы режимы торможения и формирования диамагнитной каверны ОЛП, а также развитие желобковой неустойчивости при разлете бариевых облаков поперек геомагнитного поля и динамика этих облаков вдоль поля.

См. также **22.02-01.12, 22.02-01.13, 22.02-01.14, 22.02-01.15, 22.02-01.16, 22.02-01.17, 22.02-01.18, 22.02-01.19, 22.02-01.20, 22.02-01.21, 22.02-01.22, 22.02-01.23, 22.02-01.24, 22.02-01.25, 22.02-01.26, 22.02-01.27, 22.02-01.28, 22.02-01.29, 22.02-01.30, 22.02-01.31, 22.02-01.76, 22.02-01.278, 22.02-01.304, 22.02-01.305, 22.02-01.308, 22.02-01.309, 22.02-01.312, 22.02-01.313, 22.02-01.314, 22.02-01.316**

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

Allalou N. 22.02-01.169
Altmeyer S. 22.02-01.54

В

Bezverhyi O.I. 22.02-01.144
Bezverkhyy O.I. 22.02-01.242,
22.02-01.244
Bida D.V. 22.02-01.208
Bogdanov O.V. 22.02-01.258
Bohushevych V.K. 22.02-01.259,
22.02-01.260
Bukhta K.V. 22.02-01.235

С

Chaika O.S. 22.02-01.157,
22.02-01.234, 22.02-01.243,
22.02-01.245

D

Damarad A.V. 22.02-01.224
Darchuk A.V. 22.02-01.199
Debiane M. 22.02-01.169
Didenko D.Y. 22.02-01.233
Didkovska M.V. 22.02-01.227
Didkovskyy V.S. 22.02-01.222,
22.02-01.226, 22.02-01.230
Drozdhenko K.S. 22.02-01.139
Drozdhenko O.I. 22.02-01.139,
22.02-01.147
Dvornyk O.O. 22.02-01.227,
22.02-01.234, 22.02-01.235

F

Forduk K.V. 22.02-01.95
Foukzon Ja. 22.02-01.449

G

Grigoryeva L.O. 22.02-01.144

H

Hao L.Z. 22.02-01.162
Harasiuk A.O. 22.02-01.199,
22.02-01.226, 22.02-01.239
Hliuk I.R. 22.02-01.239
Hryhorieva L.O. 22.02-01.242,
22.02-01.244

I

Ishchenko O.S. 22.02-01.238

K

Kabushka Y.V. 22.02-01.198
Kandrachuk I.V. 22.02-01.198
Kopytko J.S. 22.02-01.52
Kopytko Y.S. 22.02-01.53
Korzhyk M.O. 22.02-01.256
Korzhyk O.V. 22.02-01.157,
22.02-01.198, 22.02-01.243,
22.02-01.245, 22.02-01.256,
22.02-01.257
Kotov H.M. 22.02-01.259,
22.02-01.260

Kotvytskyi I.V. 22.02-01.213,
22.02-01.234, 22.02-01.235
Kurdiuk S.V. 22.02-01.145,
22.02-01.146, 22.02-01.256,
22.02-01.257

L

Leiko O.H. 22.02-01.138,
22.02-01.139, 22.02-01.145,
22.02-01.146, 22.02-01.147,
22.02-01.241
Liashko D.O. 22.02-01.236
Lozinsky V.V. 22.02-01.199
Luniova S.A. 22.02-01.223,
22.02-01.246
Lunova S.A. 22.02-01.239,
22.02-01.298

M

Men'kova E.R. 22.02-01.449
Morozko P.V. 22.02-01.223,
22.02-01.235
Motorniuk D.I. 22.02-01.227
Myronov M.V. 22.02-01.199

N

Naida M.S. 22.02-01.230
Naida S.A. 22.02-01.53, 22.02-01.222,
22.02-01.224, 22.02-01.225,
22.02-01.230, 22.02-01.236

P

Pan Z.Y. 22.02-01.162
Pareniuk D.V. 22.02-01.222,
22.02-01.225
Pedchenko O.I. 22.02-01.237,
22.02-01.239
Perchevska L.V. 22.02-01.139
Potapov A.A. 22.02-01.449
Prodeus A.M. 22.02-01.199,
22.02-01.213, 22.02-01.227,
22.02-01.233, 22.02-01.234,
22.02-01.235
Pushchnikova T.P. 22.02-01.208

Q

Quan Qiquan 22.02-01.278

R

Rudenska K.L. 22.02-01.222
Rudenko R.V. 22.02-01.298

S

Salmi S. 22.02-01.169
Saranenko A.M. 22.02-01.258
Serhienko O.V. 22.02-01.235
Shyshkova K.A. 22.02-01.138
Skipa M.I. 22.02-01.259, 22.02-01.260
Starovoit Y.I. 22.02-01.145,
22.02-01.146, 22.02-01.241

T

Thanh Vy N. 22.02-01.199
Timen H.E. 22.02-01.222

V

Vdovenko M.V. 22.02-01.239,
22.02-01.246
Vityk A.V. 22.02-01.233, 22.02-01.234
Volkov D.D. 22.02-01.299

Y

Yaroshenko M.O. 22.02-01.157,
22.02-01.234, 22.02-01.243,
22.02-01.245
Yurakov M.P. 22.02-01.213

Z

Zaiets V.P. 22.02-01.208
Zakora D.A. 22.02-01.95
Zamarenova L.M. 22.02-01.259,
22.02-01.260
Zamsha K.S. 22.02-01.223
Zotko A.S. 22.02-01.198

А

Абасзаде Ф.Г. 22.02-01.358
Абраменко В.И. 22.02-01.346,
22.02-01.348
Абраменко Д.С. 22.02-01.278
Абрамов-Максимов В.Е. 22.02-01.349
Абузяров К.М. 22.02-01.64
Абузяров М.Х. 22.02-01.64
Авдюшкин А.Н. 22.02-01.321
Автаева А.А. 22.02-01.429
Агафонцев Д.С. 22.02-01.160
Айзикович С.М. 22.02-01.142
Аксенов С.А. 22.02-01.448
Аксенова О.А. 22.02-01.178
Акуличев В.О. 22.02-01.268
Александров П.Н. 22.02-01.191
Александркина А.А. 22.02-01.297
Алексеев И.В. 22.02-01.111
Алексеев И.Ю. 22.02-01.350
Алексеевко Н.А. 22.02-01.407
Алифанова И.Е. 22.02-01.270
Алпатов В.В. 22.02-01.359
Аль-Шиблави О.М. 22.02-01.433
Амелькин Н.И. 22.02-01.454
Амосова Л.П. 22.02-01.450
Андреев А.С. 22.02-01.320
Андреева О.А. 22.02-01.353
Аникин А.А. 22.02-01.369
Антонов А.М. 22.02-01.136
Антропов Н.Н. 22.02-01.308
Анфиногентов С.А. 22.02-01.420
Арделян Н.В. 22.02-01.75
Ароян М.С. 22.02-01.265
Артемьев А.В. 22.02-01.76
Аршакян А.А. 22.02-01.143
Асадов Х.Г. 22.02-01.358
Астапов И.И. 22.02-01.458
Афанасьев В.С. 22.02-01.90,
22.02-01.93
Ахунув А.А. 22.02-01.70

Б

Бабкина М.А. 22.02-01.153
 Багина М.С. 22.02-01.201
 Баженов В.Г. 22.02-01.65,
 22.02-01.67, 22.02-01.80
 Байдулов В.Г. 22.02-01.292
 Байкова А.Т. 22.02-01.443
 Бакланов П.В. 22.02-01.444
 Бакулин И.А. 22.02-01.276
 Бакунина И.А. 22.02-01.349
 Баландин Вл.Вл. 22.02-01.63
 Баляев И.А. 22.02-01.336
 Баничук Н.В. 22.02-01.90,
 22.02-01.93
 Барабанов С.И. 22.02-01.411,
 22.02-01.431
 Бардин Б.С. 22.02-01.321,
 22.02-01.322
 Барсебян В.Р. 22.02-01.290
 Барсук В.Е. 22.02-01.34
 Барсуков Р.В. 22.02-01.278
 Басюл И.А. 22.02-01.232
 Башмаков Р.А. 22.02-01.301
 Бездидько С.Н. 22.02-01.453
 Безъязыков П.А. 22.02-01.458
 Белецкий А.Б. 22.02-01.379
 Беликова И.В. 22.02-01.342
 Белинский А.А. 22.02-01.404
 Белкин А.Э. 22.02-01.50
 Белоконов А.Ю. 22.02-01.77
 Белохвостов Г.И. 22.02-01.181
 Беляев А.Н. 22.02-01.359
 Беляев М.Ю. 22.02-01.373
 Бенгин В.В. 22.02-01.376
 Бендерский Б.Я. 22.02-01.185
 Бендин В.С. 22.02-01.265
 Бентли М. 22.02-01.432
 Березин И.А. 22.02-01.439
 Березко М.Э. 22.02-01.186
 Березуцкий А.Г. 22.02-01.460
 Беркутов И.В. 22.02-01.270
 Беспалов П.А. 22.02-01.368
 Бижанова С.Б. 22.02-01.327
 Бикмаев И.Ф. 22.02-01.442
 Биленко И.А. 22.02-01.311
 Бирюков В.В. 22.02-01.344
 Бирюков Д.Р. 22.02-01.47
 Бискало Д.В. 22.02-01.30,
 22.02-01.414, 22.02-01.418
 Благов А.Е. 22.02-01.302
 Бланк М. 22.02-01.458
 Блинные С.И. 22.02-01.444
 Блюм Ю. 22.02-01.432
 Бобылев В.В. 22.02-01.443
 Богатко В.И. 22.02-01.179,
 22.02-01.182
 Богачев И.В. 22.02-01.295
 Богачев С.А. 22.02-01.400
 Богачёв С.А. 22.02-01.447
 Болгова А.О. 22.02-01.220
 Бонвеч Е.А. 22.02-01.458
 Бондаренко Г.Г. 22.02-01.315
 Бондарко В.М. 22.02-01.310
 Бондарь Н.И. 22.02-01.352
 Борисов В.Е. 22.02-01.39
 Боровин Г.Б. 22.02-01.10
 Боровихин П.А. 22.02-01.373
 Боровицкая И.В. 22.02-01.315
 Бородин А.Н. 22.02-01.458
 Ботбаев А.А. 22.02-01.284
 Бражкин В.В. 22.02-01.127
 Брюкнер М. 22.02-01.458
 Буднев Н.М. 22.02-01.458
 Букатов А.А. 22.02-01.159
 Булан А. 22.02-01.458

Буланов Д.М. 22.02-01.380
 Булатов В.В. 22.02-01.171
 Булыгин Ф.В. 22.02-01.311
 Бунчук К.А. 22.02-01.57
 Буренин Р.А. 22.02-01.442
 Бурцев М.А. 22.02-01.409
 Бусарев В.В. 22.02-01.431
 Бутенко М.А. 22.02-01.342
 Бутырский Е.Ю. 22.02-01.164,
 22.02-01.165
 Быченко В.А. 22.02-01.270
 Бычков О.П. 22.02-01.216

В

Вавилов А.А. 22.02-01.193
 Вайдянатан А. 22.02-01.458
 Васильев В.В. 22.02-01.164,
 22.02-01.165, 22.02-01.450
 Васильева В.В. 22.02-01.439
 Ватульян А.О. 22.02-01.81,
 22.02-01.82, 22.02-01.103,
 22.02-01.295
 Вачагина Е.К. 22.02-01.176
 Ведешин Л.А. 22.02-01.27,
 22.02-01.397
 Вереникин С.Н. 22.02-01.426
 Веретенов Н.А. 22.02-01.125
 Верещагин С.В. 22.02-01.389
 Вернер Р. 22.02-01.457
 Веселов А.П. 22.02-01.219
 Ветошкин А.М. 22.02-01.373
 Веттерень В.И. 22.02-01.123
 Вибе Д.З. 22.02-01.30, 22.02-01.390,
 22.02-01.416
 Викулова Т.С. 22.02-01.221
 Вильнит И.В. 22.02-01.33
 Виноградов О.Н. 22.02-01.180
 Вировлянский А.Л. 22.02-01.156
 Всич С.Г. 22.02-01.268
 Вишневский Р. 22.02-01.458
 Владимирова И.Ю. 22.02-01.171
 Владимирова Ю.В. 22.02-01.171
 Воеводин П.С. 22.02-01.343
 Волков Д.Д. 22.02-01.58
 Волков Е.В. 22.02-01.322
 Волков К.Н. 22.02-01.184
 Волков Н.В. 22.02-01.458
 Володин В.В. 22.02-01.188
 Волощенко А.П. 22.02-01.166
 Волощенко В.Ю. 22.02-01.166
 Волощенко Е.В. 22.02-01.166
 Волхонов Р.М. 22.02-01.218
 Волчугов П.А. 22.02-01.458
 Воронин Д.М. 22.02-01.458
 Воронкова Л.В. 22.02-01.272

Г

Гаджиев Д.А. 22.02-01.128
 Газизуллин Р.К. 22.02-01.98
 Гайдар А.И. 22.02-01.315
 Гайфуллин А.М. 22.02-01.108,
 22.02-01.128
 Гармаш А.Ю. 22.02-01.458
 Гасанов С.А. 22.02-01.437
 Гафаров А.Р. 22.02-01.458
 Геворкян Д.А. 22.02-01.266
 Генне Д.В. 22.02-01.278
 Герасимов С.И. 22.02-01.114,
 22.02-01.115, 22.02-01.427
 Герасимова Р.В. 22.02-01.114,
 22.02-01.115, 22.02-01.427
 Герасютин С.А. 22.02-01.25,
 22.02-01.27

Гергель В.П. 22.02-01.203
 Герцик С.М. 22.02-01.68
 Гершберг Р.Е. 22.02-01.350
 Гильмутдинов А.Х. 22.02-01.275
 Гильфанов М.Р. 22.02-01.442
 Гинева В. 22.02-01.457
 Глазова Е.Г. 22.02-01.64,
 22.02-01.112, 22.02-01.174
 Глазырин С.И. 22.02-01.444
 Гоголев А.С. 22.02-01.302
 Годжаев З.А. 22.02-01.211,
 22.02-01.281
 Годжаев Т.З. 22.02-01.281
 Голдштейн Мэрвин Е. 22.02-01.9К
 Головин Д.В. 22.02-01.369
 Голуб В.В. 22.02-01.188
 Голуб М.В. 22.02-01.61
 Голубев Ю.Ф. 22.02-01.10,
 22.02-01.11
 Гольх Р.Н. 22.02-01.278
 Гончар А.В. 22.02-01.250
 Горбачева Е.А. 22.02-01.354,
 22.02-01.355
 Горбунов М.А. 22.02-01.352
 Горда С.Ю. 22.02-01.19
 Горный С.Г. 22.02-01.277
 Горобцов А.С. 22.02-01.254,
 22.02-01.296
 Горулева Л.С. 22.02-01.137
 Горшков А.Б. 22.02-01.347
 Горшков И.Б. 22.02-01.71
 Гребенюк В.М. 22.02-01.458
 Гресс О.А. 22.02-01.458
 Гресс Т.И. 22.02-01.458
 Григорьева О.Е. 22.02-01.254
 Гринин В.П. 22.02-01.445
 Гринюк А.А. 22.02-01.458
 Гришин О.Г. 22.02-01.458
 Грищенко И.В. 22.02-01.148
 Гроховская А.А. 22.02-01.442
 Груданов В.Я. 22.02-01.181
 Грушевский А.В. 22.02-01.10
 Грязнов А.С. 22.02-01.84
 Губарев В.С. 22.02-01.14, 22.02-01.17
 Гурбатов С.Н. 22.02-01.134
 Гурфинкель Ю.И. 22.02-01.31
 Гусев В.Д. 22.02-01.433
 Гусева А.В. 22.02-01.84
 Гусева Е.Н. 22.02-01.430

Д

Давыдов А.А. 22.02-01.372
 Дамдинов Б.Б. 22.02-01.135
 Данилин А.Н. 22.02-01.311
 Данилов А.Д. 22.02-01.357
 Данилов В.Н. 22.02-01.272
 Дворник О.О. 22.02-01.228
 Дёмин А.С. 22.02-01.315
 Демин И.Ю. 22.02-01.134
 Демин М.М. 22.02-01.297
 Демкина П.О. 22.02-01.201
 Демьянов М.А. 22.02-01.216
 Денисов Д.Г. 22.02-01.309
 Дериглазов А.П. 22.02-01.323
 Десинов Л.В. 22.02-01.26
 Дзапарова И.М. 22.02-01.354,
 22.02-01.355
 Дзедзисашвили Г.Т. 22.02-01.96
 Дзюба В.П. 22.02-01.78
 Диденкулов И.Н. 22.02-01.221
 Дідковська М.В. 22.02-01.228
 Дідковський В.С. 22.02-01.58
 Длужневская О.Б. 22.02-01.30
 Дмитриев Д.В. 22.02-01.445

Дмитриев С.В. **22.02-01.122**
Доброславский А.В. **22.02-01.324**
Додин А.В. **22.02-01.446**
Додонов В.В. **22.02-01.318**
Додонов С.Н. **22.02-01.442**
Долгобородов А.Ю. **22.02-01.175**
Доронин А.М. **22.02-01.118**
Дорофеев Н.П. **22.02-01.87,**
22.02-01.97
Дорошенко О.В. **22.02-01.61**
Досболаев М.К. **22.02-01.131**
Дробный Е.В. **22.02-01.205**
Дробчик А.Н. **22.02-01.247,**
22.02-01.248
Дрозденко К.С. **22.02-01.229**
Ду Чунжуй **22.02-01.381**
Дугаров Г.А. **22.02-01.248**
Дударев А.С. **22.02-01.207**
Дучков А.А. **22.02-01.247,**
22.02-01.248
Дучков А.Д. **22.02-01.247,**
22.02-01.248
Дьяконов Г.А. **22.02-01.308**
Дьянов Д.Ю. **22.02-01.126**
Дьячкова М.В. **22.02-01.369**
Дюкина Н.С. **22.02-01.65**
Дяченко И.А. **22.02-01.92**
Дячок А.Н. **22.02-01.458**

Е

Ельянов А.Е. **22.02-01.188**
Емельянов В.Н. **22.02-01.184**
Епифанов Н.А. **22.02-01.315**
Еремеев А.А. **22.02-01.190**
Еремеев В.А. **22.02-01.141**
Еремеева А.И. **22.02-01.24**
Ермаков А.А. **22.02-01.83**
Ермолаев Ю.И. **22.02-01.375**
Ермолинский П.Б. **22.02-01.287**
Ерофеев В.И. **22.02-01.62,**
22.02-01.114, 22.02-01.115,
22.02-01.118, 22.02-01.119,
22.02-01.120, 22.02-01.121,
22.02-01.136, 22.02-01.249,
22.02-01.251, 22.02-01.252,
22.02-01.427
Есипов И.Б. **22.02-01.124**
Ефимов Д.Ю. **22.02-01.46,**
22.02-01.49
Ефимов М.А. **22.02-01.460**
Ефремова Е.С. **22.02-01.253**

Ж

Жабин Д.С. **22.02-01.107**
Жаравина П.Д. **22.02-01.368**
Жаров В.А. **22.02-01.187**
Жаховский В.В. **22.02-01.116**
Жвнк В.В. **22.02-01.108**
Жегулин Г.В. **22.02-01.158**
Железняк И.Л. **22.02-01.288**
Жидяев А.Н. **22.02-01.94**
Жила Т.М. **22.02-01.215**
Жилкин А.Г. **22.02-01.414**
Жуков А.В. **22.02-01.163**
Жуков Н.В. **22.02-01.277**
Жуковский М.Е. **22.02-01.73**
Жумабек Т.М. **22.02-01.328**
Журавлев В.М. **22.02-01.106**
Жуоров Д.П. **22.02-01.458**

З

Заболотнов Ю.М. **22.02-01.343**

Загайнова Ю.С. **22.02-01.438**
Загородников А.В. **22.02-01.458**
Зайцев М.В. **22.02-01.88**
Зарубин В.С. **22.02-01.274,**
22.02-01.274
Заславский Г.С. **22.02-01.448**
Захаров П.В. **22.02-01.122**
Захаров С.Ю. **22.02-01.268**
Захаров Ю.П. **22.02-01.460**
Зегря А.Г. **22.02-01.149**
Зегря Г.Г. **22.02-01.149**
Зелёный Л.М. **22.02-01.20**
Зелёный Л.М. **22.02-01.76,**
22.02-01.367
Зелёный Л.М. **22.02-01.383,**
22.02-01.388, 22.02-01.393
Зелёный Л.М. **22.02-01.398,**
22.02-01.410
Зелёный Л.М. **22.02-01.419**
Зиборов В.С. **22.02-01.175**
Зимин А.В. **22.02-01.158**
Зимин В.Н. **22.02-01.274**
Зимовец И.В. **22.02-01.398,**
22.02-01.420
Золотарев И.А. **22.02-01.376**
Золотарёв Р.В. **22.02-01.441**
Золотой Н.В. **22.02-01.190**
Зорина В.В. **22.02-01.408**
Зубков А.Д. **22.02-01.58**
Зубков Ю.Н. **22.02-01.82**
Зыбин Е.Ю. **22.02-01.232**

И

Иванов Г.А. **22.02-01.271**
Иванов Д.Н. **22.02-01.87, 22.02-01.97**
Иванов М.А. **22.02-01.430**
Иванова А.Л. **22.02-01.458**
Иванова С.Ю. **22.02-01.90**
Иванченко Г.С. **22.02-01.342**
Игибаев Ж.Б. **22.02-01.131**
Игнатов А.И. **22.02-01.370**
Игнатов А.М. **22.02-01.132**
Игумнов Л.А. **22.02-01.69**
Измайлов И.С. **22.02-01.425**
Изранов В.А. **22.02-01.282**
Иконникова Н.П. **22.02-01.446**
Илларионов Е.А. **22.02-01.401,**
22.02-01.439
Ильгамов М.А. **22.02-01.291**
Иляхинский А.В. **22.02-01.249,**
22.02-01.251
Иногамов Н.А. **22.02-01.116**
Ипатов А.А. **22.02-01.133**
Ипатов А.В. **22.02-01.397**
Искалиев А.И. **22.02-01.211,**
22.02-01.281
Иудин Д.И. **22.02-01.386,**
22.02-01.391

К

Кабанов С.И. **22.02-01.269**
Кадомцев А.Г. **22.02-01.123**
Кадыров А.И. **22.02-01.176**
Кажаев В.В. **22.02-01.118,**
22.02-01.119
Казаков Л.И. **22.02-01.140**
Казарова А.Ю. **22.02-01.156**
Казеев М.Н. **22.02-01.308**
Кайгородов П.В. **22.02-01.414**
Каитов М.Р. **22.02-01.266**
Калайда Ю.В. **22.02-01.365**
Каленова В.И. **22.02-01.325**
Каликанов А.В. **22.02-01.99**

Калинин Ю.К. **22.02-01.361,**
22.02-01.362
Калмыков Н.Н. **22.02-01.458**
Камешков Г.Б. **22.02-01.450**
Каневская Р.Д. **22.02-01.300**
Каныгин И.И. **22.02-01.115**
Капралова А.С. **22.02-01.109**
Капустин Ю.В. **22.02-01.459**
Караваев Д.Ю. **22.02-01.373**
Каралетян М.С. **22.02-01.153**
Карачева Н.В. **22.02-01.86**
Каримов Ж.М. **22.02-01.283**
Карпенко А.Г. **22.02-01.184**
Карпов И. **22.02-01.74**
Карсканов С.А. **22.02-01.177**
Карцов С.К. **22.02-01.254,**
22.02-01.296
Касаткина С.В. **22.02-01.22**
Каснева Г.К. **22.02-01.286**
Кауфман Д.В. **22.02-01.85**
Кацова М.М. **22.02-01.396**
Кашапова Л.К. **22.02-01.347**
Кикеев В.А. **22.02-01.115,**
22.02-01.427
Кицдин В.В. **22.02-01.458**
Кириллин М.Ю. **22.02-01.303**
Кириллов А.С. **22.02-01.366,**
22.02-01.457
Кириченко А.В. **22.02-01.104**
Кириченко А.С. **22.02-01.400,**
22.02-01.447
Кирсанова М.С. **22.02-01.416**
Кирюхин С.Н. **22.02-01.458**
Кислов Р.А. **22.02-01.422**
Кияева О.В. **22.02-01.425**
Климов Н.Н. **22.02-01.83**
Климов П.А. **22.02-01.456**
Клюева Н.В. **22.02-01.120**
Ключников В.А. **22.02-01.250**
Ключников В.Ю. **22.02-01.359**
Ковалева Д.А. **22.02-01.413**
Ковальчук М.В. **22.02-01.302**
Кожеватов И.Е. **22.02-01.452**
Кожемякин В.Л. **22.02-01.269**
Кожин В.А. **22.02-01.458**
Козелов Б.В. **22.02-01.456**
Козинев Е.А. **22.02-01.203**
Козлов В.И. **22.02-01.377**
Козлов С.И. **22.02-01.359**
Козлова А.С. **22.02-01.318**
Козлова О.В. **22.02-01.16**
Козырев А.Н. **22.02-01.72**
Кокотка М. **22.02-01.153**
Кокоулин Р.П. **22.02-01.458**
Колбин А.И. **22.02-01.351**
Колесник Е.В. **22.02-01.110**
Колотилов Е.А. **22.02-01.28**
Колпак В.И. **22.02-01.455**
Компаниец К.Г. **22.02-01.458**
Кондратьев В.С. **22.02-01.81,**
22.02-01.103
Константинова А.В. **22.02-01.357**
Коняшкин А.В. **22.02-01.148**
Копиченко А.В. **22.02-01.107**
Коржик М.О. **22.02-01.257**
Коржов В.А. **22.02-01.302**
Корзникова Е.А. **22.02-01.122**
Корнеева Н.В. **22.02-01.117**
Корнилов В.Г. **22.02-01.404**
Корнушенко А.В. **22.02-01.180**
Коробицына Д.М. **22.02-01.194**
Коровайцева Е.А. **22.02-01.204**
Королев В.С. **22.02-01.330**
Королева О.Н. **22.02-01.297**
Коростелева Е.Е. **22.02-01.458**

Косенко И.И. **22.02-01.326**
 Костин А.А. **22.02-01.378**
 Костюков А.В. **22.02-01.197**
 Котов В.Л. **22.02-01.126**
 Котонаева Н.Г. **22.02-01.365**
 Коцюрбенко О.Р. **22.02-01.394**
 Кочаровская О.А. **22.02-01.150**
 Кочарян В.Р. **22.02-01.302**
 Кочетков А.В. **22.02-01.64,**
22.02-01.112
 Кравченко Е.А. **22.02-01.458**
 Красникова И.В. **22.02-01.200**
 Кризский В.Н. **22.02-01.191**
 Круглов А.А. **22.02-01.442**
 Кружилин В.С. **22.02-01.67**
 Крылов И.К. **22.02-01.117**
 Крылов С.В. **22.02-01.63,**
22.02-01.64, 22.02-01.112
 Крылова Е.Ю. **22.02-01.80,**
22.02-01.113
 Крысько А.В. **22.02-01.66**
 Крысько В.А. **22.02-01.66,**
22.02-01.67, 22.02-01.113
 Крысько(мл) В.А. **22.02-01.104**
 Крюков А.П. **22.02-01.458**
 Кувшинова Е.Ю. **22.02-01.382**
 Кудиков А.В. **22.02-01.407**
 Кудинов В.В. **22.02-01.117**
 Кудиш И.И. **22.02-01.142**
 Кудрявцев Д.О. **22.02-01.12**
 Кузнецов Е.А. **22.02-01.160**
 Кузнецов С.И. **22.02-01.276**
 Кузнецов Э.Д. **22.02-01.19,**
22.02-01.433
 Кузнецова А.Д. **22.02-01.194**
 Кузьмин А.К. **22.02-01.364**
 Кузьмин Н.М. **22.02-01.342**
 Кузьмичев Л.А. **22.02-01.458**
 Куканов С.С. **22.02-01.294**
 Кукушкин А.В. **22.02-01.356**
 Кульберг Н.С. **22.02-01.231**
 Кульчин Ю.Н. **22.02-01.78**
 Купряков Ю.А. **22.02-01.347**
 Курамагомедов Б.М. **22.02-01.407**
 Курашкин К.В. **22.02-01.250**
 Курбатов А.Н. **22.02-01.269**
 Куреня А.Н. **22.02-01.354,**
22.02-01.355
 Курицын К.А. **22.02-01.107**
 Кусова Е.В. **22.02-01.111**
 Кутеева Г.А. **22.02-01.336**
 Кутепов И.Е. **22.02-01.66,**
22.02-01.104
 Куценко А.С. **22.02-01.345**
 Кыдырбаева Д.А. **22.02-01.288**
 Кьявасса А. **22.02-01.458**

Л

Лагутин А.А. **22.02-01.458**
 Лампси Б.Б. **22.02-01.62**
 Ларин Н.В. **22.02-01.50**
 Латышев С.В. **22.02-01.315**
 Лебедев В.П. **22.02-01.379**
 Левашов Н.Н. **22.02-01.367**
 Леви Г.Ю. **22.02-01.69**
 Леденцов Л.С. **22.02-01.399**
 Леликов М.А. **22.02-01.232**
 Лемешев Ю.Е. **22.02-01.458**
 Леонов А.С. **22.02-01.240**
 Леонов В.В. **22.02-01.274**
 Леонов Д.В. **22.02-01.231**
 Леонтьева А.В. **22.02-01.121**
 Леус В.А. **22.02-01.305**
 Ли И.П. **22.02-01.152**

Лисин А.А. **22.02-01.134**
 Лисов Д.И. **22.02-01.369**
 Лисов И.А. **22.02-01.387,**
22.02-01.403
 Литвак М.Л. **22.02-01.369**
 Лихачев Г.В. **22.02-01.311**
 Лихошерст В.В. **22.02-01.99**
 Лобанов В.Е. **22.02-01.311**
 Лобачев И.В. **22.02-01.426**
 Лобода И.П. **22.02-01.400,**
22.02-01.447
 Лодкина И.Г. **22.02-01.375**
 Локтев Д.Н. **22.02-01.152**
 Ломунов А.К. **22.02-01.79**
 Лоншаков Е.А. **22.02-01.311**
 Лотфи П.Х. **22.02-01.205**
 Лу Хонши **22.02-01.343**
 Лубсандоржиев Б.К. **22.02-01.458**
 Лубсандоржиев Н.Б. **22.02-01.458**
 Луговой В.А. **22.02-01.280**
 Луговцов А.Е. **22.02-01.287,**
22.02-01.303
 Лукманов В.Р. **22.02-01.440**
 Лукьянов Н.В. **22.02-01.369**
 Лупян Е.А. **22.02-01.409**
 Лустберг Э.А. **22.02-01.450**
 Лыонг К.Л. **22.02-01.102**
 Лыскова Н.С. **22.02-01.442**
 Ляшенко М.В. **22.02-01.211,**
22.02-01.281

М

Мажукин В.И. **22.02-01.297**
 Майлыбаев А.А. **22.02-01.160**
 Майоров А.О. **22.02-01.434**
 Макарецкий Е.А. **22.02-01.143**
 Макеева И.Ю. **22.02-01.220**
 Маковцев Г.А. **22.02-01.450**
 Максимова Е.А. **22.02-01.273**
 Малахов А.В. **22.02-01.369**
 Малащук В.М. **22.02-01.353**
 Малков О.Ю. **22.02-01.413**
 Малова Х.В. **22.02-01.76,**
22.02-01.367
 Малыкин Г.Б. **22.02-01.313,**
22.02-01.314
 Мамалимов Р.И. **22.02-01.123**
 Марков А.А. **22.02-01.271,**
22.02-01.273
 Масленников А.Л. **22.02-01.426**
 Масленникова Н.А. **22.02-01.446**
 Маслов Е.Е. **22.02-01.64**
 Маслова А.А. **22.02-01.268**
 Масляев С.А. **22.02-01.315**
 Медведев А.А. **22.02-01.407**
 Медведев М.А. **22.02-01.284**
 Мелкумова Е.В. **22.02-01.11**
 Мельник М.Н. **22.02-01.76**
 Мерзлый А.М. **22.02-01.76,**
22.02-01.364
 Метальников А.А. **22.02-01.190**
 Метрикин В.С. **22.02-01.88,**
22.02-01.202
 Мжельский П.В. **22.02-01.448**
 Микушкин А.Ю. **22.02-01.188**
 Милонида В.Д. **22.02-01.266**
 Минаков А.В. **22.02-01.135**
 Минаков В.Д. **22.02-01.278**
 Мингалев В.С. **22.02-01.436**
 Мингалев И.В. **22.02-01.76,**
22.02-01.436
 Мингалев О.В. **22.02-01.76**
 Минглибаев М.Дж. **22.02-01.327,**
22.02-01.328

Миньков К.Н. **22.02-01.311**
 Миргазов Р.Р. **22.02-01.458**
 Мирзоева Л.А. **22.02-01.450**
 Мирзоян Р. **22.02-01.458**
 Миронов А.А. **22.02-01.92**
 Митрофанов И.Г. **22.02-01.369**
 Мифтахов Б.И. **22.02-01.214**
 Михайличенко С.Ю. **22.02-01.77**
 Михайлов В.В. **22.02-01.365**
 Михайлов Е.А. **22.02-01.448**
 Михайлов С.Б. **22.02-01.277**
 Михайлова Д.В. **22.02-01.107**
 Михайлова Н.В. **22.02-01.130**
 Михалев А.В. **22.02-01.379**
 Михеев П.А. **22.02-01.450**
 Мицкевич С.А. **22.02-01.113**
 Мишакин В.В. **22.02-01.250**
 Мишин С.В. **22.02-01.453**
 Мкртчян А.Г. **22.02-01.302**
 Мовисян А.Е. **22.02-01.302**
 Могилевский М.М. **22.02-01.312,**
22.02-01.455
 Модин И.А. **22.02-01.174**
 Можаров Г.А. **22.02-01.453**
 Мокроусов М.И. **22.02-01.369**
 Мокряков В.В. **22.02-01.51**
 Молотков С.Л. **22.02-01.271**
 Монхоев Р.Д. **22.02-01.458**
 Морар Г. **22.02-01.74**
 Мордвин Е.Ю. **22.02-01.458**
 Морозов В.А. **22.02-01.149**
 Морозов В.М. **22.02-01.106,**
22.02-01.325
 Морозов Е.В. **22.02-01.315**
 Мосягин В.В. **22.02-01.271**
 Мотова Е.А. **22.02-01.251,**
22.02-01.293
 Моторнюк Д.Е. **22.02-01.228**
 Мошков П.А. **22.02-01.183,**
22.02-01.195
 Музыченко Е.И. **22.02-01.382**
 Мусаев З.М. **22.02-01.153**
 Мухаметзянов И.Р. **22.02-01.172**
 Мырзабеков Э.М. **22.02-01.285**
 Мырзаев Р.С. **22.02-01.340**

Н

Надырбекова А.Н. **22.02-01.285**
 Назаров С.А. **22.02-01.55,**
22.02-01.279
 Найда С.А. **22.02-01.229**
 Накаряков В.М. **22.02-01.420**
 Наренков С.А. **22.02-01.411**
 Наседкин А.В. **22.02-01.56,**
22.02-01.141
 Насырова Д.А. **22.02-01.301**
 Наумова Н.В. **22.02-01.87,**
22.02-01.97
 Нгуен Л.Х. **22.02-01.91**
 Нгуен Т.Ш. **22.02-01.38**
 Немцев И.В. **22.02-01.135**
 Нестеров А.А. **22.02-01.59**
 Нестеров В.А. **22.02-01.278**
 Нестерова О.П. **22.02-01.319**
 Нетесов С.В. **22.02-01.306**
 Нечаев О.Ю. **22.02-01.376**
 Никитин А.В. **22.02-01.253**
 Никитина Н.Е. **22.02-01.293**
 Никитченко Ю.А. **22.02-01.186**
 Никифоров О.В. **22.02-01.364**
 Никифоров С.Ю. **22.02-01.369**
 Николайшвили С.Ш. **22.02-01.359**
 Николенко И.В. **22.02-01.411**
 Новиков А.В. **22.02-01.300**

Новиков В.В. 22.02-01.428
Новожилов Ю.В. 22.02-01.68
Носулленко В.Н. 22.02-01.232

О

Обридко В.Н. 22.02-01.438
Оганесян Г.А. 22.02-01.123
Омельченко А.Н. 22.02-01.359
Орлов К.Г. 22.02-01.436
Осипова Е.А. 22.02-01.458
Очелков Ю.П. 22.02-01.360
Очеретяный С.А. 22.02-01.60

П

Павленко Е.А. 22.02-01.159
Павленко О.В. 22.02-01.180
Павлов И.С. 22.02-01.252
Павлов Н.Г. 22.02-01.311
Паймушин В.Н. 22.02-01.98
Пальникова О.В. 22.02-01.194
Пан А. 22.02-01.458
Панарин М.В. 22.02-01.268
Панасюк М.И. 22.02-01.385,
22.02-01.458
Панин А.С. 22.02-01.276
Панин В.И. 22.02-01.261
Панич А.А. 22.02-01.59
Паньков Л.В. 22.02-01.458
Папкова И.В. 22.02-01.66,
22.02-01.104
Паренюк А.В. 22.02-01.229
Паренюк Д.В. 22.02-01.229
Патель И.К. 22.02-01.329,
22.02-01.435
Пахорук А.Л. 22.02-01.458
Пепеляев А.В. 22.02-01.264
Перегудова О.А. 22.02-01.320
Перов Е.А. 22.02-01.116
Петков В.Б. 22.02-01.354,
22.02-01.355
Петраков Е.В. 22.02-01.89,
22.02-01.205
Петренко Д.С. 22.02-01.265
Петров А.В. 22.02-01.180
Петров В.В. 22.02-01.71
Петров В.Л. 22.02-01.376
Петров В.С. 22.02-01.152
Петров Н.А. 22.02-01.336
Петров Ю.В. 22.02-01.116
Петровищева Ю.В. 22.02-01.320
Петрукович А.А. 22.02-01.364
Петрухин А.А. 22.02-01.458
Петухов Ю.В. 22.02-01.45
Пигусов Е.А. 22.02-01.180
Пименов В.Н. 22.02-01.315
Платов Ю.В. 22.02-01.359
Плотников А.А. 22.02-01.348
Плотников В.А. 22.02-01.84
Повереннов Е.Ю. 22.02-01.63
Повещенко Ю.А. 22.02-01.40
Погодин А.В. 22.02-01.448
Подгрудков Д.А. 22.02-01.458
Позин А.А. 22.02-01.364
Покрышкин А.И. 22.02-01.308
Полещук В.А. 22.02-01.458
Полунина А.А. 22.02-01.152
Поляков Ю.А. 22.02-01.254,
22.02-01.296
Поляхова Е.Н. 22.02-01.330
Поляченко Е.В. 22.02-01.413
Померанцев Д.Ю. 22.02-01.83
Пономарёва В.Л. 22.02-01.18
Попель С.И. 22.02-01.20

Попеску М. 22.02-01.458
Попов В.Ю. 22.02-01.367
Попов Г.А. 22.02-01.308
Попов С.Б. 22.02-01.40
Попова Е.Г. 22.02-01.458
Порелли А. 22.02-01.458
Постников Е.Б. 22.02-01.458
Постнов К.А. 22.02-01.384,
22.02-01.404
Посух В.Г. 22.02-01.460
Потанин С.А. 22.02-01.404
Потанин Ю.Н. 22.02-01.364
Потапов П.В. 22.02-01.211
Потехина Е.А. 22.02-01.179,
22.02-01.182
Потоцкая И.Ю. 22.02-01.330
Презжев А.В. 22.02-01.287,
22.02-01.303
Продеус А.М. 22.02-01.228
Прокофьев В.В. 22.02-01.60
Прончатов-Рубцов Н.В. 22.02-01.134,
22.02-01.221
Просвирыков Е.Ю. 22.02-01.137
Просин В.В. 22.02-01.458
Проскорякова Ю.А. 22.02-01.267
Прошин А.А. 22.02-01.409
Прошкин В.А. 22.02-01.331
Прыжевский Р.Д. 22.02-01.79
Прыжников М.И. 22.02-01.135
Птускин В.С. 22.02-01.458
Пузина Т.И. 22.02-01.220
Пушнин А.А. 22.02-01.458
Пятых Е.А. 22.02-01.282

Р

Рагимли О.Р. 22.02-01.40
Радионых Е.В. 22.02-01.150
Разаков Ж.П. 22.02-01.196
Райкин Р.И. 22.02-01.458
Рак М.Г. 22.02-01.325
Рамазанов Т.С. 22.02-01.131
Рандин Д.Г. 22.02-01.209,
22.02-01.210
Рассказов И.В. 22.02-01.373
Рахманова Л.С. 22.02-01.375
Рахуба В.П. 22.02-01.164,
22.02-01.165
Рева А.А. 22.02-01.400, 22.02-01.447
Ревякин А.И. 22.02-01.458
Резак Л. 22.02-01.432
Резанов Э.В. 22.02-01.266
Резчикова Е.В. 22.02-01.102
Репин А.Ю. 22.02-01.359,
22.02-01.361, 22.02-01.362
Решетник В. 22.02-01.432
Рогов А.В. 22.02-01.459
Родионов И.А. 22.02-01.268
Родкин М.В. 22.02-01.402
Родников А.В. 22.02-01.332
Родюшкин В.М. 22.02-01.249,
22.02-01.251
Рожков М.А. 22.02-01.333
Розанов Н.Н. 22.02-01.125
Розанова С.В. 22.02-01.200
Ролдугин А.В. 22.02-01.456
Романенко Н.В. 22.02-01.154
Романко А.А. 22.02-01.280
Романов В.А. 22.02-01.434
Романов В.И. 22.02-01.64,
22.02-01.294
Романов Д.В. 22.02-01.434
Романов К.В. 22.02-01.434
Романюк И.И. 22.02-01.12
Ромашко Р.В. 22.02-01.78
Ростилов Т.А. 22.02-01.175
Рубцов Г.И. 22.02-01.458
Руденко Г.В. 22.02-01.438
Руменских М.С. 22.02-01.460
Румянцев В.В. 22.02-01.344
Румянцев С.Н. 22.02-01.217
Рыбаков Е.А. 22.02-01.316
Рыжков Е.А. 22.02-01.392
Рыжов Е.Н. 22.02-01.254
Рябинин А.Н. 22.02-01.85
Рябов А.А. 22.02-01.294
Рябов Д.А. 22.02-01.249
Рябов Е.В. 22.02-01.458
Рябушкин О.А. 22.02-01.148
Рязанцева М.О. 22.02-01.375

С

Савелова А.А. 22.02-01.431
Савенков Г.Г. 22.02-01.149
Савина О.Н. 22.02-01.368
Сагань Я.И. 22.02-01.458
Сагдеев Р.З. 22.02-01.20
Садовский А.М. 22.02-01.364
Садовский В.В. 22.02-01.63
Садыков В.М. 22.02-01.401
Сажина О.С. 22.02-01.29
Сазонов В.В. 22.02-01.380
Сазонов М.Б. 22.02-01.94
Сазонов С.Ю. 22.02-01.442
Сальникова Т.В. 22.02-01.326,
22.02-01.334, 22.02-01.337
Самолига В.С. 22.02-01.458
Самохин А.С. 22.02-01.334
Самохин В.Ф. 22.02-01.195
Санин А.Б. 22.02-01.369
Саркисян А.А. 22.02-01.101
Саркисян С.О. 22.02-01.101
Сасиновская И.П. 22.02-01.315
Саурин В.В. 22.02-01.36, 22.02-01.37
Сахаров Д.В. 22.02-01.221
Сачков М.Е. 22.02-01.22,
22.02-01.411, 22.02-01.412
Сватеева А.А. 22.02-01.212
Свешников В.М. 22.02-01.72
Свешникова Л.Г. 22.02-01.458
Селиванова О.В. 22.02-01.15,
22.02-01.21, 22.02-01.23
Семенко Е.А. 22.02-01.12
Семенов А.Н. 22.02-01.287
Семёнов Д.Г. 22.02-01.345
Семенова Д. 22.02-01.155
Семерикова Н.П. 22.02-01.119
Серещенко Е.В. 22.02-01.160
Серьезнов А.Н. 22.02-01.34
Сецко П.В. 22.02-01.76
Сигаева К.Ф. 22.02-01.456
Сидоренко В.В. 22.02-01.335
Сидоренко Л.Г. 22.02-01.33
Сидоренков А.Ю. 22.02-01.458
Сизова М.Д. 22.02-01.389
Сизых Г.Б. 22.02-01.44
Силаев (мл.) А.А. 22.02-01.458
Силаев А.А. 22.02-01.458
Силин Д.Е. 22.02-01.452
Синельников М.И. 22.02-01.405
Синицын А.А. 22.02-01.382
Синичкина А.О. 22.02-01.113
Синюхина С.В. 22.02-01.189
Ситнова Т.М. 22.02-01.417
Сичевский С.Г. 22.02-01.412
Скобелев С.Б. 22.02-01.255
Скобельцын С.А. 22.02-01.47,
22.02-01.48
Скоров Ю. 22.02-01.432

Скурихин А.В. 22.02-01.458
 Сластухин Н.С. 22.02-01.100
 Слепешев А.А. 22.02-01.168,
 22.02-01.170
 Слесаренко В. 22.02-01.130
 Слуначка М. 22.02-01.458
 Смирнов И.В. 22.02-01.130
 Смирнов Ф.Р. 22.02-01.316
 Соболев А.М. 22.02-01.19
 Соболева В.А. 22.02-01.73
 Соболева Т.В. 22.02-01.425
 Соврасов В.В. 22.02-01.203
 Соколов А.В. 22.02-01.458
 Соколов Д.Д. 22.02-01.396
 Соколов Л.Л. 22.02-01.336
 Солдаткин В.В. 22.02-01.214,
 22.02-01.253
 Солдаткин В.М. 22.02-01.214,
 22.02-01.253
 Солдатов И.Н. 22.02-01.120
 Солнушкин С.Д. 22.02-01.310
 Соловей Н.М. 22.02-01.159
 Соловьёва П.Д. 22.02-01.231
 Соломина О.Н. 22.02-01.406
 Сомов Б.В. 22.02-01.399
 Сорокин В.Н. 22.02-01.240
 Сотникова Н.В. 22.02-01.451
 Спивак А.Е. 22.02-01.134
 Спиридонов В.Ф. 22.02-01.294
 Старинова О.Л. 22.02-01.333,
 22.02-01.381
 Старобинский А.А. 22.02-01.442
 Стародубровская Н.С. 22.02-01.202
 Старостенков М.Д. 22.02-01.122
 Степаненко Д.А. 22.02-01.57
 Степанов В.М. 22.02-01.268
 Степанов Е.А. 22.02-01.434
 Степанов С.Я. 22.02-01.326,
 22.02-01.337
 Степанова Л.Н. 22.02-01.34,
 22.02-01.269
 Степенко Н.А. 22.02-01.330
 Стирманов Ю.С. 22.02-01.148
 Столяров А.В. 22.02-01.390
 Страхов С.Ю. 22.02-01.451
 Стрельцов С.В. 22.02-01.212
 Стукачев С.Е. 22.02-01.452
 Субанова А.И. 22.02-01.286
 Суворкин Я.В. 22.02-01.458
 Сунца Г.А. 22.02-01.345
 Сусликов М.В. 22.02-01.351
 Сыренова Т.Е. 22.02-01.379
 Сысоев А.А. 22.02-01.386,
 22.02-01.391
 Сысоева Е.Я. 22.02-01.39
 Сюняев Р.А. 22.02-01.442

Т

Таболенько В.А. 22.02-01.458
 Тажен А.Б. 22.02-01.131
 Тамбовцев В.И. 22.02-01.288
 Танаев А.Б. 22.02-01.458
 Тань Л. 22.02-01.111
 Тарасов Н.Т. 22.02-01.423
 Тарасов С.С. 22.02-01.219
 Тарасова Е.Ю. 22.02-01.276
 Таращанский Б.А. 22.02-01.458
 Таргонский А.В. 22.02-01.302
 Тарлаковский Д.В. 22.02-01.204
 Татарников А.М. 22.02-01.404,
 22.02-01.446
 Татарникова А.А. 22.02-01.28,
 22.02-01.446
 Тельнова Н.О. 22.02-01.407

Тен А.В. 22.02-01.342
 Тенитилов Е.С. 22.02-01.269
 Терехин В.А. 22.02-01.460
 Терновой М.Ю. 22.02-01.458
 Тертышников А.В. 22.02-01.363
 Тимошенко Г.Н. 22.02-01.369
 Тимошенко А.С. 22.02-01.99
 Тимошенко С.П. 22.02-01.99
 Титов В.Б. 22.02-01.339
 Титов В.Ю. 22.02-01.263
 Титова А.А. 22.02-01.129
 Тихонов А.А. 22.02-01.323,
 22.02-01.329, 22.02-01.338,
 22.02-01.435
 Ткачев Л.Г. 22.02-01.458
 Ткачева Л.А. 22.02-01.161
 Ткачева Л.Т. 22.02-01.181
 Тлатов А.Г. 22.02-01.439
 Тлатова К.А. 22.02-01.439
 Тлущиконт М. 22.02-01.458
 Тогоо Р. 22.02-01.458
 Толоконников Л.А. 22.02-01.49
 Толстогузов С.С. 22.02-01.184
 Толстунов М.И. 22.02-01.59
 Трепалов Н.А. 22.02-01.114
 Трилис А.В. 22.02-01.451
 Трофимов С.П. 22.02-01.371
 Трушин П.А. 22.02-01.460
 Тугазаков Р.Я. 22.02-01.187
 Тукмаков Д.А. 22.02-01.70
 Тулунов П.В. 22.02-01.209,
 22.02-01.210
 Турешбаев А.Т. 22.02-01.330,
 22.02-01.340
 Турыгина И.А. 22.02-01.112,
 22.02-01.174
 Тутуков А.В. 22.02-01.389
 Тучин А.Г. 22.02-01.10
 Тучин В.В. 22.02-01.303
 Тхай В.Н. 22.02-01.340
 Тюрина А.В. 22.02-01.124

У

Уздин А.М. 22.02-01.319
 Ульянов А.С. 22.02-01.400,
 22.02-01.447
 Урвачев Е.М. 22.02-01.444
 Уруцкоев Л.И. 22.02-01.307
 Усов А.П. 22.02-01.163
 Ушаков Н.А. 22.02-01.458

Ф

Файнштейн В.Г. 22.02-01.438
 Фатеев В.Ф. 22.02-01.316
 Февральских Л.Н. 22.02-01.428
 Феденко А.А. 22.02-01.267
 Федоров А.В. 22.02-01.270
 Федоров В.М. 22.02-01.378
 Федоров С.В. 22.02-01.125
 Федорова Д.М. 22.02-01.190
 Федорова М.Ю. 22.02-01.319
 Федотенков Г.В. 22.02-01.79
 Федотова Е.А. 22.02-01.436
 Филиппов С.Б. 22.02-01.86
 Фирсанов В.В. 22.02-01.91
 Фирсов В.А. 22.02-01.98
 Фомкин А.П. 22.02-01.115,
 22.02-01.427
 Фортюва С.В. 22.02-01.116
 Фролов В.Э. 22.02-01.206
 Фролов Д.М. 22.02-01.378
 Фурсяк Ю.А. 22.02-01.348

Х

Хабарова О.В. 22.02-01.421
 Хабибуллин И.И. 22.02-01.442
 Хайрулин И.Р. 22.02-01.150
 Хакимов А.Г. 22.02-01.291
 Халидов И.А. 22.02-01.178
 Хамидуллин Б.А. 22.02-01.275
 Хамитов И.М. 22.02-01.442
 Ханбеков И.Ф. 22.02-01.152
 Хартог П. 22.02-01.432
 Хахинов В.В. 22.02-01.379
 Хлыбов А.А. 22.02-01.249
 Хмельёв В.Н. 22.02-01.278
 Хмельёв М.В. 22.02-01.278
 Ходненко В.П. 22.02-01.308
 Хоперсков С.А. 22.02-01.413
 Хорнс Д. 22.02-01.458
 Хотенко Е.Н. 22.02-01.361,
 22.02-01.362
 Хохлачев А.А. 22.02-01.375
 Хохлова В.А. 22.02-01.124
 Хохлова С.С. 22.02-01.342
 Христов А.В. 22.02-01.151

Ц

Цветаев С.К. 22.02-01.167
 Цветков А.С. 22.02-01.395
 Циберева К.В. 22.02-01.294
 Цивильский И.В. 22.02-01.275

Ч

Чаава М.М. 22.02-01.267
 Чашей И.В. 22.02-01.440
 Чемезов В.Л. 22.02-01.34
 Червинский Д.А. 22.02-01.151
 Черепанов Е.А. 22.02-01.192
 Черепашук А.М. 22.02-01.384,
 22.02-01.404
 Чернов Д.В. 22.02-01.458
 Чернова А.А. 22.02-01.185
 Чернова В.В. 22.02-01.269
 Чернышов А.А. 22.02-01.312,
 22.02-01.455
 Чернышов М.В. 22.02-01.109
 Четверушкин Б.Н. 22.02-01.436
 Четкин В.М. 22.02-01.436
 Чибранов А.А. 22.02-01.460
 Чинь Т.Н. 22.02-01.180
 Чихман В.Н. 22.02-01.310
 Чубов Д.Г. 22.02-01.317
 Чувашев С.Н. 22.02-01.75
 Чугунин Д.В. 22.02-01.312,
 22.02-01.455
 Чукарина И.М. 22.02-01.267
 Чура А.С. 22.02-01.331
 Чуразов Е.М. 22.02-01.442
 Чясовской А. 22.02-01.317

Ш

Шабловский О.Н. 22.02-01.173
 Шавруков Ю.М. 22.02-01.289
 Шагапов В.Ш. 22.02-01.301
 Шайхисламов И.Ф. 22.02-01.460
 Шаклеин А.А. 22.02-01.74
 Шалимов В.П. 22.02-01.109
 Шапранов А.В. 22.02-01.297
 Шарипова А. 22.02-01.130
 Шатский Н.И. 22.02-01.404
 Шахт Н.А. 22.02-01.425
 Шварц К.Г. 22.02-01.42
 Швецов В.Н. 22.02-01.369

Шевалдыкин В.Г. **22.02-01.262**
Шевелев Ю.Д. **22.02-01.41**
Шекоян А.В. **22.02-01.251**
Шелест В.В. **22.02-01.151**
Шематович В.И. **22.02-01.414,**
22.02-01.418, 22.02-01.429
Шенель Л. **22.02-01.55**
Шепелев В.В. **22.02-01.116**
Шеховцов В.В. **22.02-01.211,**
22.02-01.281
Шиманчук Д.В. **22.02-01.341**
Широбоков М.Г. **22.02-01.371**
Широкий И.В. **22.02-01.201**
Шитиков А.Е. **22.02-01.311**
Шихин А.А. **22.02-01.354,**
22.02-01.355
Шишкина И.А. **22.02-01.110**
Шляпников А.А. **22.02-01.352**
Шмыров А.С. **22.02-01.341**
Шмыров В.А. **22.02-01.341**

Шулатов А.В. **22.02-01.280**
Шумихин А.А. **22.02-01.43**
Шустов Б.М. **22.02-01.30,**
22.02-01.412, 22.02-01.415,
22.02-01.424, 22.02-01.441

Щ

Щеглов А.Ю. **22.02-01.306**
Щелкалин А.В. **22.02-01.361,**
22.02-01.362
Щербаков И.П. **22.02-01.123**
Щербина М.П. **22.02-01.431**
Щукин Ю.А. **22.02-01.364**

Э

Элиович Я.А. **22.02-01.302**
Эскин Б.Б. **22.02-01.336**

Ю

Юлдашев П.В. **22.02-01.124**
Юрин А.И. **22.02-01.311**
Юшков Б.Ю. **22.02-01.376**

Я

Яблоков А.Е. **22.02-01.215**
Яковлев А.Б. **22.02-01.304,**
22.02-01.338
Яковлева Т.В. **22.02-01.67,**
22.02-01.80, 22.02-01.231
Якуш С.Е. **22.02-01.39**
Яненко Б.А. **22.02-01.114,**
22.02-01.115, 22.02-01.427
Янин А.Ф. **22.02-01.354, 22.02-01.355**
Янковская У.И. **22.02-01.122**
Янковский А.П. **22.02-01.105**
Яшин И.В. **22.02-01.376**
Яшин И.И. **22.02-01.458**

УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

Журналы

- Авиакосмическое приборостроение. 2021. 25, № 2
22.02-01.426
- Акустический журнал. 2022, № 2 **22.02-01.45, 22.02-01.51, 22.02-01.101, 22.02-01.124, 22.02-01.135, 22.02-01.140, 22.02-01.156, 22.02-01.216, 22.02-01.231, 22.02-01.240**
- Астрон. ж. 2022. 99, № 2 **22.02-01.437, 22.02-01.438, 22.02-01.439, 22.02-01.440, 22.02-01.441**
- Астрономический вестник. 2022. 56, № 2 **22.02-01.429, 22.02-01.430, 22.02-01.431, 22.02-01.432, 22.02-01.433**
- Вестник Балтийского федерального ун-та. Естественные и медицинские науки. 2021, № 3 **22.02-01.282**
- Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2022, № 1 **22.02-01.188**
- Вестник Московского гос. обл. ун-та. Серия: Физ.—Мат. 2021, № 4 **22.02-01.175**
- Вестник Самарского ун-та. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2021. 20, № 4 **22.02-01.94**
- Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2021. 8, № 4
22.02-01.96, 22.02-01.97, 22.02-01.182, 22.02-01.435
- Гелиогеофизические исследования. 2021, № 31
22.02-01.357, 22.02-01.358, 22.02-01.359, 22.02-01.360, 22.02-01.361, 22.02-01.362, 22.02-01.363
- Гелиогеофизические исследования. 2021, № 32
22.02-01.364, 22.02-01.365
- Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 502, № 1 **22.02-01.78**
- Земля и Вселенная. 2021, № 1 **22.02-01.12, 22.02-01.13, 22.02-01.14, 22.02-01.15, 22.02-01.383, 22.02-01.384, 22.02-01.385, 22.02-01.386, 22.02-01.387**
- Земля и Вселенная. 2021, № 2 **22.02-01.16, 22.02-01.17, 22.02-01.18, 22.02-01.388, 22.02-01.389, 22.02-01.390, 22.02-01.391, 22.02-01.392**
- Земля и Вселенная. 2021, № 3 **22.02-01.19, 22.02-01.20, 22.02-01.21, 22.02-01.22, 22.02-01.393, 22.02-01.394, 22.02-01.395, 22.02-01.396, 22.02-01.397**
- Земля и Вселенная. 2021, № 4 **22.02-01.23, 22.02-01.24, 22.02-01.25, 22.02-01.398, 22.02-01.399, 22.02-01.400, 22.02-01.401, 22.02-01.402, 22.02-01.403, 22.02-01.404, 22.02-01.405**
- Земля и Вселенная. 2021, № 5 **22.02-01.26, 22.02-01.27, 22.02-01.28, 22.02-01.29, 22.02-01.406, 22.02-01.407, 22.02-01.408, 22.02-01.409**
- Земля и Вселенная. 2021, № 6 **22.02-01.30, 22.02-01.410, 22.02-01.411, 22.02-01.412, 22.02-01.413, 22.02-01.414, 22.02-01.415, 22.02-01.416, 22.02-01.417, 22.02-01.418**
- Земля и Вселенная. 2022, № 1 **22.02-01.31, 22.02-01.419, 22.02-01.420, 22.02-01.421, 22.02-01.422, 22.02-01.423, 22.02-01.424, 22.02-01.425**
- Изв. ЮФУ. Техн. н. 2021, № 7 **22.02-01.232**
- Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2020, № 1 **22.02-01.172, 22.02-01.195**
- Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2020, № 4 **22.02-01.183**
- Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2021, № 1 **22.02-01.166, 22.02-01.274**
- Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2021, № 3 **22.02-01.98, 22.02-01.184, 22.02-01.253, 22.02-01.275**
- Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естеств. н. 2021, № 3 **22.02-01.219**
- Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естеств. н. 2021, № 4 **22.02-01.220**
- Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физ.-мат. н. 2021, № 4 **22.02-01.106**
- Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2021. 117, № 1 **22.02-01.344, 22.02-01.345, 22.02-01.346, 22.02-01.347, 22.02-01.348, 22.02-01.349, 22.02-01.350, 22.02-01.351, 22.02-01.352, 22.02-01.353, 22.02-01.354, 22.02-01.355**
- Известия МГТУ "МАМИ". 2020, № 1 **22.02-01.209**
- Известия МГТУ "МАМИ". 2020, № 2 **22.02-01.210**
- Известия МГТУ "МАМИ". 2021, № 1 **22.02-01.211**
- Известия МГТУ "МАМИ". 2021, № 2 **22.02-01.281**
- Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2022, № 2
22.02-01.41, 22.02-01.42, 22.02-01.54, 22.02-01.60, 22.02-01.161, 22.02-01.162, 22.02-01.168, 22.02-01.169, 22.02-01.176, 22.02-01.186, 22.02-01.187, 22.02-01.300
- Известия РАН. Серия физическая. 2022. 86, № 3
22.02-01.455, 22.02-01.456, 22.02-01.457, 22.02-01.458
- Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2022, № 3 **22.02-01.290, 22.02-01.291, 22.02-01.292, 22.02-01.343**
- Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2020. 20, № 3 **22.02-01.70**
- Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Физика. 2021. 21, № 2 **22.02-01.71, 22.02-01.434**
- Известия Тульского государственного университета. Естественные науки. 2020, № 4 **22.02-01.200**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 4 **22.02-01.46, 22.02-01.83**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 5 **22.02-01.38, 22.02-01.143**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 6 **22.02-01.206**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 8 **22.02-01.267, 22.02-01.268**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 10 **22.02-01.99, 22.02-01.100, 22.02-01.214, 22.02-01.254, 22.02-01.296**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 11 **22.02-01.47, 22.02-01.48, 22.02-01.50, 22.02-01.196**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021, № 12 **22.02-01.197, 22.02-01.215, 22.02-01.255**
- Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2022, № 1 **22.02-01.207**
- Квантовая электроника. 2022. 52, № 1 **22.02-01.287, 22.02-01.303**
- Квантовая электроника. 2022. 52, № 2 **22.02-01.460**
- Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 7 **22.02-01.262, 22.02-01.269, 22.02-01.270**
- Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 8 **22.02-01.263, 22.02-01.271**
- Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 9 **22.02-01.272, 22.02-01.273**
- Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 11 **22.02-01.34, 22.02-01.102**
- Контроль. Диагностика. 2021. 24, № 12 **22.02-01.280**
- Космические исследования. 2022. 60, № 1 **22.02-01.366, 22.02-01.367, 22.02-01.368, 22.02-01.369, 22.02-01.370, 22.02-01.371, 22.02-01.372, 22.02-01.373, 22.02-01.374**
- Космические исследования. 2022. 60, № 2 **22.02-01.375, 22.02-01.376, 22.02-01.377, 22.02-01.378, 22.02-01.379, 22.02-01.380, 22.02-01.381, 22.02-01.382**
- Кристаллография. 2021. 66, № 5 **22.02-01.32**
- Мат. моделир. 2022. 34, № 3 **22.02-01.39, 22.02-01.40, 22.02-01.72, 22.02-01.73, 22.02-01.297, 22.02-01.306, 22.02-01.436**
- Математическая физика и компьютерное моделирование. 2021. 24, № 3 **22.02-01.342**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2017. 22, № 5 **22.02-01.144**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2017. 22, № 6 **22.02-01.233, 22.02-01.241**

- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 1 **22.02-01.145, 22.02-01.146, 22.02-01.242, 22.02-01.243, 22.02-01.244, 22.02-01.245**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 2 **22.02-01.147, 22.02-01.234**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 3 **22.02-01.235, 22.02-01.236, 22.02-01.256**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 4 **22.02-01.213, 22.02-01.222, 22.02-01.223, 22.02-01.257**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 5 **22.02-01.52, 22.02-01.198, 22.02-01.237, 22.02-01.258**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2018. 23, № 6 **22.02-01.157, 22.02-01.230, 22.02-01.238, 22.02-01.246**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2019. 24, № 1 **22.02-01.53, 22.02-01.224, 22.02-01.259, 22.02-01.298**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2019. 24, № 3 **22.02-01.225**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2019. 24, № 4 **22.02-01.138, 22.02-01.239**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2019. 24, № 5 **22.02-01.139, 22.02-01.199**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2019. 24, № 6 **22.02-01.226, 22.02-01.299**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2020. 25, № 1 **22.02-01.227**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2020. 25, № 2 **22.02-01.208**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2020. 25, № 3 **22.02-01.228, 22.02-01.260**
- Микросистемы, Электроника и Акустика (с июня 2017 года правопреемник, основанного в марте 1995 года журнала "Электроника и Связь укр.) 2021. 26, № 1 **22.02-01.58, 22.02-01.229**
- Мор. гидрофиз. ж. 2021. 37, № 2 **22.02-01.158**
- Мор. гидрофиз. ж. 2021. 37, № 4 **22.02-01.77, 22.02-01.159, 22.02-01.170, 22.02-01.171**
- Морской сборник. 2021, № 5 **22.02-01.163**
- Морской сборник. 2021, № 7 **22.02-01.164**
- Морской сборник. 2021, № 8 **22.02-01.33, 22.02-01.165**
- Наука и техника. 2021. 20, № 5 **22.02-01.181**
- Наука и техника. 2021. 20, № 6 **22.02-01.57**
- Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2020, № 12 **22.02-01.283**
- Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021, № 1 **22.02-01.284**
- Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021, № 2 **22.02-01.285**
- Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2021, № 4 **22.02-01.286**
- Нелинейный мир. 2021. 19, № 1 **22.02-01.449**
- Нелинейный мир. 2021. 19, № 4 **22.02-01.148**
- Оптический журнал. 2021. 88, № 5 **22.02-01.451**
- Оптический журнал. 2021. 88, № 6 **22.02-01.310, 22.02-01.311**
- Оптический журнал. 2021. 88, № 9 **22.02-01.452**
- Оптический журнал. 2021. 88, № 10 **22.02-01.453**
- Письма в Астрон. ж. 2022. 48, № 1 **22.02-01.442, 22.02-01.443, 22.02-01.444, 22.02-01.445, 22.02-01.446, 22.02-01.447, 22.02-01.448**
- Письма в Журнал технической физики. 2022. 48, № 7 **22.02-01.316**
- Письма в ЖЭТФ. 2021. 114, № 10 **22.02-01.149**
- Письма в ЖЭТФ. 2021. 114, № 12 **22.02-01.150**
- Письма в ЖЭТФ. 2022. 115, № 1 **22.02-01.312**
- Письма в ЖЭТФ. 2022. 115, № 2 **22.02-01.116**
- Письма в ЖЭТФ. 2022. 115, № 3 **22.02-01.302**
- Приборы и техника эксперимента. 2022, № 1 **22.02-01.459**
- Прикл. мат. и мех. 2021. 85, № 6 **22.02-01.44, 22.02-01.49**
- Прикл. мат. и мех. 2022. 86, № 1 **22.02-01.55, 22.02-01.301, 22.02-01.454**
- Прикладная гидромеханика (Прикладна гідромеханіка). 2001. 14, № 32 **22.02-01.173**
- Прикладная физика. 2000, № 1 **22.02-01.75**
- Прикладная физика. 2000, № 4 **22.02-01.307**
- Прикладная физика. 2000, № 5 **22.02-01.450**
- Прикладная физика. 2002, № 1 **22.02-01.308**
- Прикладная физика. 2022, № 1 **22.02-01.309**
- Прикладная физика и математика. 2022, № 1 **22.02-01.305, 22.02-01.356**
- Проблемы прочности и пластичности. 2015. 77, № 2 **22.02-01.61, 22.02-01.62**
- Проблемы прочности и пластичности. 2015. 77, № 3 **22.02-01.293**
- Проблемы прочности и пластичности. 2015. 77, № 4 **22.02-01.88**
- Проблемы прочности и пластичности. 2016. 78, № 1 **22.02-01.112, 22.02-01.294**
- Проблемы прочности и пластичности. 2016. 78, № 3 **22.02-01.113, 22.02-01.118**
- Проблемы прочности и пластичности. 2016. 78, № 4 **22.02-01.103**
- Проблемы прочности и пластичности. 2017. 79, № 1 **22.02-01.63, 22.02-01.79**
- Проблемы прочности и пластичности. 2017. 79, № 2 **22.02-01.202**
- Проблемы прочности и пластичности. 2017. 79, № 3 **22.02-01.80**
- Проблемы прочности и пластичности. 2017. 79, № 4 **22.02-01.119, 22.02-01.141**
- Проблемы прочности и пластичности. 2018. 80, № 1 **22.02-01.114, 22.02-01.295**
- Проблемы прочности и пластичности. 2018. 80, № 2 **22.02-01.64, 22.02-01.203, 22.02-01.427, 22.02-01.428**
- Проблемы прочности и пластичности. 2018. 80, № 3 **22.02-01.65, 22.02-01.115, 22.02-01.120, 22.02-01.204**
- Проблемы прочности и пластичности. 2018. 80, № 4 **22.02-01.81, 22.02-01.104**
- Проблемы прочности и пластичности. 2019. 81, № 1 **22.02-01.36, 22.02-01.56, 22.02-01.66, 22.02-01.89, 22.02-01.105**
- Проблемы прочности и пластичности. 2019. 81, № 3 **22.02-01.67, 22.02-01.82, 22.02-01.136**
- Проблемы прочности и пластичности. 2019. 81, № 4 **22.02-01.37, 22.02-01.142, 22.02-01.205**
- Проблемы прочности и пластичности. 2020. 82, № 1 **22.02-01.68, 22.02-01.90, 22.02-01.130**
- Проблемы прочности и пластичности. 2020. 82, № 2 **22.02-01.69**
- Проблемы прочности и пластичности. 2020. 82, № 3 **22.02-01.133, 22.02-01.174**
- Проблемы прочности и пластичности. 2020. 82, № 4 **22.02-01.91, 22.02-01.126, 22.02-01.134**
- Проблемы прочности и пластичности. 2021. 83, № 1 **22.02-01.92, 22.02-01.93, 22.02-01.121**
- Проблемы прочности и пластичности. 2021. 83, № 2

- 22.02-01.249**
Проблемы прочности и пластичности. 2021. 83, № 3
22.02-01.250, 22.02-01.251
- Проблемы прочности и пластичности. 2021. 83, № 4
22.02-01.221, 22.02-01.252
- Сибирские электронные математические известия. 2021. 18, № 1
22.02-01.129
- Сибирские электронные математические известия. 2021. 18, № 2
22.02-01.95
- Сибирский математический журнал. 2021. 62, № 6
22.02-01.279
- Территория NDT. Международный журнал по неразрушающему контролю. 2022, № 1 **22.02-01.261, 22.02-01.264**
- Техническая акустика. 2022. 21, № 1 **22.02-01.167**
- УФН. 2021. 191, № 10 **22.02-01.127, 22.02-01.313**
- УФН. 2022. 192, № 2 **22.02-01.125, 22.02-01.160, 22.02-01.314**
- Физика Земли. 2022, № 2 **22.02-01.189, 22.02-01.191**
- Физика и техника высоких давлений. 2021. 31, № 2
22.02-01.151
- Физика и химия обработки материалов. 2020, № 1
22.02-01.152
- Физика и химия обработки материалов. 2020, № 5
22.02-01.35
- Физика и химия обработки материалов. 2020, № 6
22.02-01.117
- Физика и химия обработки материалов. 2021, № 1
22.02-01.276
- Физика и химия обработки материалов. 2021, № 3
22.02-01.277
- Физика и химия обработки материалов. 2021, № 6
22.02-01.315
- Физика плазмы. 2022. 48, № 3 **22.02-01.76, 22.02-01.131, 22.02-01.132**
- Физика твердого тела. 2022. 64, № 5 **22.02-01.123**
- Физические основы приборостроения. 2021. 10, № 3
22.02-01.59
- Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2021. 18, № 4 **22.02-01.84, 22.02-01.122**
- Химическая физика и мезоскопия. 2021. 23, № 3
22.02-01.43, 22.02-01.74, 22.02-01.177
- Химическая физика и мезоскопия. 2021. 23, № 4
22.02-01.137, 22.02-01.185
- Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 1 **22.02-01.278**

Конференции и сборники

- IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021
22.02-01.10, 22.02-01.11, 22.02-01.85, 22.02-01.86, 22.02-01.87, 22.02-01.108, 22.02-01.109, 22.02-01.110, 22.02-01.111, 22.02-01.128, 22.02-01.178, 22.02-01.179, 22.02-01.180, 22.02-01.304, 22.02-01.318, 22.02-01.319, 22.02-01.320, 22.02-01.321, 22.02-01.322, 22.02-01.323, 22.02-01.324, 22.02-01.325, 22.02-01.326, 22.02-01.327, 22.02-01.328, 22.02-01.329, 22.02-01.330, 22.02-01.331, 22.02-01.332, 22.02-01.333, 22.02-01.334, 22.02-01.335, 22.02-01.336, 22.02-01.337, 22.02-01.338, 22.02-01.339, 22.02-01.340, 22.02-01.341
- Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. Караваев, 23 января 2020 года. Сборник статей 71-й международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Том 2. Караваев: Костромская государственная сельскохозяйственная академия. 2020 **22.02-01.217, 22.02-01.218**
- Материалы V Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород. BalticPetroModel-2016», 11—15 сентября 2016 г. М. 2016
22.02-01.190, 22.02-01.192, 22.02-01.247, 22.02-01.248
- Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г. Ставрополь: АГРУС. 2019 **22.02-01.107, 22.02-01.153, 22.02-01.154, 22.02-01.155, 22.02-01.201, 22.02-01.265, 22.02-01.266, 22.02-01.317**
- Неделя науки СПбГМТУ-2019: сборник докладов Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»: в 2 т. Т.1. СПб: СПбГМТУ. 2019 **22.02-01.193, 22.02-01.194**
- Радиолокация, навигация, связь. XXII международная научно-техническая конференция. Том. 3. Воронеж, 19—21 апреля 2016 г. Воронеж: НПФ САКВОЕЕ. 2016
22.02-01.288
- Современные прикладные исследования. Материалы Национальной российской конференции. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. Шахты, 19—21 апреля 2017 г. Шахты: Южно-Российский государственный политехнический университет. 2016 **22.02-01.212**
- Физическое образование: от прошлого к будущему Санкт-Петербург, 20—21 апреля. Материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием памяти проф. Н.М. Кожевникова. СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". 2017 **22.02-01.289**

Книги

- IX Поляховские чтения. Санкт-Петербург, 09—12 марта 2021 г. Материалы международной научной конференции по механике. СПб.: Санкт-Петербургский гос.ун-т. 2021
22.02-01.8К
- Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе. Караваев, 23 января 2020 года. Сборник статей 71-й международной научно-практической конференции. В 3-х томах. Том 2. Караваев: Костромская государственная сельскохозяйственная академия. 2020 **22.02-01.7К**
- Аэроакустика. Пер. с англ. М.: Машиностроение. 1981
22.02-01.9К
- Материалы V Балтийской школы-семинара «Петрофизическое моделирование осадочных пород. BalticPetroModel-2016», 11—15 сентября 2016 г. М. 2016 **22.02-01.2К**
- Научно-практическая студенческая конференция электроэнергетического факультета "Студенческая наука в XXI веке". Ставрополь, 14 января 2019 г. Ставрополь: АГРУС. 2019 **22.02-01.5К**
- Неделя науки СПбГМТУ-2019: сборник докладов Всероссийского фестиваля науки «Наука 0+»: в 2 т. Т.1. СПб: СПбГМТУ. 2019 **22.02-01.6К**
- Радиолокация, навигация, связь. XXII международная научно-техническая конференция. Том. 3. Воронеж, 19—21 апреля 2016 г. Воронеж: НПФ САКВОЕЕ. 2016
22.02-01.1К
- Современные прикладные исследования. Материалы Национальной российской конференции. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. Шахты, 19—21 апреля 2017 г. Шахты: Южно-Российский государственный политехнический университет. 2016 **22.02-01.3К**
- Физическое образование: от прошлого к будущему Санкт-Петербург, 20—21 апреля. Материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием памяти проф. Н.М. Кожевникова. СПб.: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого". 2017 **22.02-01.4К**

СОДЕРЖАНИЕ

Библиография	22.02-01.1
Персоналии	22.02-01.10
Классические проблемы линейной акустики и теории волн	22.02-01.36
Нелинейная акустика	22.02-01.106
Физическая акустика	22.02-01.128
Акустика океана, гидроакустика	22.02-01.156
Атмосферная и аэроакустика	22.02-01.167
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика	22.02-01.189
Акустическая экология; Шумы и вибрации	22.02-01.193
Акустика помещений; Музыкальная акустика	22.02-01.212
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование	22.02-01.214
Акустика живых систем; Биологическая акустика	22.02-01.217
Физические основы технической акустики	22.02-01.241
Акустика в медицинской практике	22.02-01.282
Акустика в инженерном деле	22.02-01.288
Физика	22.02-01.304
Астрономия	22.02-01.317
Авторский указатель Указатель источников	