

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.

№ 01

Выходит 6 раз в год

Москва 2021

Библиография

21.01-01.1К Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. Гидроакустика на рубеже XX и XXI столетий. *Корякин Ю.А., Смирнов С.А., Яковлев Г.В.* СПб.: Наука. 2004, 410 с.

В книге проанализированы тенденции развития отечественных и зарубежных ГАС во второй половине XX века. Приведены справочные данные по корабельным ГАС, используемым ведущими военно-морскими флотами.

21.01-01.2К Труды 9 Всероссийской конференции "Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики". СПбНЦ РАН, 27—29 мая 2008 г. СПб.: Наука. Ленинградское отд. 2008. ISBN 978-5-02025-325-4

Представлены доклады о достижениях отечественных и зарубежных ученых в области гидрофизики и гидроакустики. Особое внимание уделено результатам фундаментальных исследований и их внедрению при решении прикладных проблем, в том числе при разработке технологий мониторинга Мирового океана с целью исследования и освоения его ресурсов, предупреждения природных катастроф и чрезвычайных ситуаций, при изучении рельефа прибрежных акваторий и экономических зон, при обосновании методов и средств борьбы с подводным терроризмом и минной опасностью, при разработке датчиков и систем контроля и управления производственными процессами.

21.01-01.3К Акустическая кавитация. *Сиротюк М.Г. Акуличев В.А (ред.)* М.: Наука. 2008, 272 с.

Книга написана известным российским акустиком М.Г. Сиротюком (1921—2007) в 1987 г. и опубликована впервые. Рассмотрены кавитационная прочность жидкостей, стабильное существование в них газовых пузырьков - зародышей кавитации, описываются динамика кавитационных пузырьков и их взаимодействие в кавитационной области. Обсуждаются энергетика и эффективность воздействия кавитации, а также процессы, сопровождающие кавитацию. Приведены результаты экспериментальных исследований акустической кавитации в водной среде. Анализируется физический механизм происходящих явлений.

21.01-01.4К Морской Астрономический Ежегодник на 2020 г. 91-й год изд. Серия: Морской астрономический ежегодник. Адм. № 9002. СПб.: УНиО МО РФ. 2019, 336 с. Рус.

21.01-01.5К Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019. ISBN 978-5-93197-062-2

Специальный выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит материалы Всероссийской радионавигационной конференции «Радиотелескопы, аппаратура и методы радиоастрономии» (ВРК-2018), прошедшей с 17 по 21 сентября 2018 г. в Санкт-Петербурге в Институте прикладной астрономии РАН. Статьи, представленные в этом и следующих сборниках, посвящены современному состоянию радиотелескопов России и направлениям их развития, отечественным и зарубежным проектам новых инструментов, антеннам и антенно-фидерным устройствам, аппаратуре и методам достижения высокой чувствительности, цифровым и информационным технологиям в радиоастрономии, а также защите от помех. Особое внимание уделено современному состоянию и направлениям развития РСДБ. В сборник также вошли результаты последних научных исследований, выполненных в Институте прикладной астрономии РАН.

21.01-01.6К Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019. ISBN 978-5-93197-064-2

Специальный выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит материалы Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2019), проходившей с 15 по 19 апреля 2019 г. в Санкт-Петербурге в Институте прикладной астрономии РАН. Статьи, представленные в сборнике, охватывают широкий круг теоретических, методических и организационно-правовых вопросов в области фундаментального и прикладного КВНО. Особое внимание уделено вопросам поддержания, развития и использования системы ГЛОНАСС; установления и поддержания систем отсчета; мониторинга параметров вращения Земли; хранения и синхронизации шкал времени; определения параметров гравитационного поля Земли и др. Подробно рассмотрены современные высокоточные технические средства и методы КВНО: радионтерферометрические комплексы со сверхдлинными базами, системы лазерной локации ИСЗ и Луны, глобальные навигационные спутниковые системы, стандарты времени и частоты, геоинформационные системы и др., а также способы их объединения — колокации. В сборник также вошли результаты последних научных исследований, выполненных в Институте прикладной астрономии РАН.

21.01-01.7К Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019. ISBN 978-5-93197-065-3

Специальный выпуск сборника «Труды Института приклад-

ной астрономии РАН» содержит материалы Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2019), проходившей с 15 по 19 апреля 2019 г. в Санкт-Петербурге в Институте прикладной астрономии РАН. Статьи, представленные в сборнике, охватывают широкий круг теоретических, методических и организационно-правовых вопросов в области фундаментального и прикладного КВНО. Особое внимание уделено вопросам поддержания, развития и использования системы ГЛОНАСС; установления и поддержания систем отсчета; мониторинга параметров вращения Земли; хранения и синхронизации шкал времени; определения параметров гравитационного поля Земли и др. Подробно рассмотрены современные высокоточные технические средства и методы КВНО: радиоинтерферометрические комплексы со сверхдлинными базами, системы лазерной локации ИСЗ и Луны, глобальные навигационные спутниковые системы, стандарты времени и частоты, геоинформационные системы и др., а также способы их объединения — колокации. В сборник также вошли результаты последних научных исследований, выполненных в Институте прикладной астрономии РАН.

21.01-01.8К Труды Института прикладной астрономии РАН № 51. СПб.: ИПА РАН. 2019. ISBN 978-5-93197-066-0

Специальный выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит материалы Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2019), проходившей с 15 по 19 апреля 2019 г. в Санкт-Петербурге в Институте прикладной астрономии РАН. Статьи, представленные в сборнике, охватывают широкий круг теоретических, методических и организационно-правовых вопросов в области фундаментального и прикладного КВНО. Особое внимание уделено вопросам поддержания, развития и использования системы ГЛОНАСС; установления и поддержания систем отсчета; мониторинга параметров вращения Земли; хранения и синхронизации шкал времени; определения параметров гравитационного поля Земли и др. Подробно рассмотрены современные высокоточные технические средства и методы КВНО: радиоинтерферометрические комплексы со сверхдлинными базами, системы лазерной локации ИСЗ и Луны, глобальные навигационные спутниковые системы, стандарты времени и частоты, геоинформационные системы и др., а также способы их объединения — колокации. В сборник также вошли результаты последних научных исследований, выполненных в Институте прикладной астрономии РАН.

21.01-01.9К Труды Института прикладной астрономии РАН № 53. СПб.: ИПА РАН. 2020. ISBN 978-5-93197-066-0

Специальный выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит материалы Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2019), проходившей с 15 по 19 апреля 2019 г. в Санкт-Петербурге в Институте прикладной астрономии РАН. Статьи, представленные в сборнике, охватывают широкий круг теоретических, методических и организационно-правовых вопросов в области фундаментального и прикладного КВНО. Особое внимание уделено вопросам поддержания, развития и использования системы ГЛОНАСС; установления и поддержания систем отсчета; мониторинга параметров вращения Земли; хранения и синхронизации шкал времени; определения параметров гравитационного поля Земли и др. Подробно рассмотрены современные высокоточные технические средства и методы КВНО: радиоинтерферометрические комплексы со сверхдлинными базами, системы лазерной локации ИСЗ и Луны, глобальные навигационные спутниковые системы, стандарты времени и частоты, геоинформационные системы и др., а также способы их объединения — колокации. В сборник также вошли результаты последних научных исследований, выполненных в Институте прикладной астрономии РАН.

21.01-01.10К Морской Астрономический Ежегодник на 2021 г. 92-й год изд. Серия: Морской астрономический ежегодник. Адм. № 9002. СПб.: УНнО МО РФ.

2020, 336 с. Рус.

21.01-01.11К Морской астрономический альманах 2021—2022. Серия: Мореходная астрономия. СПб.: ИПА РАН. 2020

21.01-01.12К Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020. ISBN 978-5-7422-7029-4

В сборнике трудов представлены доклады российских и зарубежных специалистов с результатами последних разработок и достижений в области акустики, полученные в ведущих научных центрах России. III Всероссийская акустическая конференция организуется Научным советом РАН по акустике. В докладах отражены новые результаты, полученные в области физической и технической акустики, геоакустики, аэроакустики, архитектурной акустики, акустики живых организмов, акустики океана, а также в смежных с другими науками направлениях, таких как метаматериалы, биомедицинские приложения. Сборник трудов представляет интерес для научных работников и инженеров, специализирующихся в области акустики, а также для специалистов других направлений исследований, использующих акустические данные и методы.

21.01-01.13К Проблемы кавитации. Пернич А.Д. Л.: Судостроение. 1966, 440 с.

Оглавление: 1. Инерционное развитие пузырьков. Паровая кавитация. 2. Развитие кавитации в сжимаемой жидкости. 3. Диффузионное развитие пузырьков. Газовая кавитация. 4. Экспериментальные исследования начальной стадии развития кавитации. 5. Масштабный эффект развития кавитации. 6. Кавитация в звуковой волне. Шумообразование при кавитации. 7. Кавитационная эрозия. 8. Течения при сильно развитой кавитации.

21.01-01.14К Ультразвуковая технология. Агранат В.А., Башкиров В.И., Китайгородский Ю.И., Хавский Н.Н. Агранат В.А. (ред.) М.: Металлургия. 1974, 504 с.

Дано подробное описание технологических процессов, протекающих в жидкой фазе под действием мощного ультразвука: ультразвуковой очистки, травления, диспергирования, гидроабразивного разрушения, обработки расплавленных металлов, кристаллизационной очистки металлов и полупроводниковых материалов, интенсификации гидрометаллургических процессов. Приведены данные об основных свойствах акустической энергии. Рассматриваются схемы основных типов ультразвуковых генераторов. Даны инженерные методы расчета и измерения основных параметров, а также результаты теоретических и экспериментальных исследований физических основ ультразвуковой технологии. Приведены схемы и описания ультразвуковой технологической аппаратуры.

21.01-01.15К Физические основы распространения звука в океане. Л.: Гидрометеониздат. 1975, 190 с.

Описываются, основные закономерности распространения звука в открытом глубоком океане и дается физическая интерпретация этих закономерностей. Рассматривается рефракция звука в водах океана; описаны особенности распространения в подводных звуковых каналах. Большое внимание уделено рассеянию звука в океанической среде — на температурных неоднородностях воды, в звукорассеивающих слоях, на поверхности и дне океана. Отражение звука от поверхности и дна рассмотрено в совокупности с процессами рассеяния. <http://elib.rshu.ru/files/books/pdf/img-503184257.pdf>.

21.01-01.16К Гидроакустические преобразователи и антенны. Сverdлин Г.М. Л.: Судостроение. 1980, 232 с. Рус.

Книга является учебником для средних специальных учебных заведений по специальности №0649. В ней изложены принципы действия гидроакустических преобразователей (ГАП), наиболее употребительных в гидроакустических антеннах типов, теория направленности и теория расчета и проектирования ГАП. Приведена методика расчета и конструкции ГАП и антенн. Книга содержит примеры расчета типичных ГАП и антенн и данные в виде справочных таблиц и графиков.

21.01-01.17К Теоретические основы акустики океана. Бреговский Л.М., Лысанов Ю.П. Л.: Гидрометиздат.

1982, 264 с.

21.01-01.18К Инженерные расчёты в гидроакустике. *Евтютов А.П., Митько В.Б.* Л.: Судостроение, 1988, 288 с.

Направленность, помехоустойчивость, эффективность судовых акустических систем. Распространение акустических сигналов в океане. Всего 4 главы. К каждой главе большое количество примеров решения важных инженерных задач.

Персоналии

21.01-01.19 Академик Николай Николаевич Андреев — основатель Акустического института (к 140-летию со дня рождения). *Гладилин А.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 10-11. Рус.

В 2020 году исполнилось 140 лет со дня рождения выдающегося акустика академика Н.Н. Андреева. Цель доклада — сфокусироваться на предвоенных и послевоенных годах работы Н.Н. Андреева, ускоривших исследования его научной школы и придавших новый импульс развитию акустики в СССР. В 30-е годы работа Н.Н. Андреева была связана с преподаванием и исследованиями в Ленинграде, в частности, в Физико-техническом институте АН СССР. Его научные работы того времени были, в основном, связаны с воздушной акустикой — вопросы излучения и распространения звука, архитектурная акустика, акустика музыкальных инструментов, звукофикация открытых пространств на выставках и массовых мероприятиях. Большинство учеников школы Н.Н. Андреева составляли ученые с университетским образованием, и даже за простыми техническими решениями стояло глубокое понимание физических процессов. В эти же годы в Ленинграде существовал еще один акустический центр. В Акустическом отделе Центральной радиолaborатории (ЦРЛ) воздушной акустикой не занимались, там проводилась интенсивная работа по созданию первых отечественных отечественных гидроакустических устройств — эхолотов, переговорных и навигационных приборов. Эти исследования не афишировались, хотя и удостоились первой в истории акустики Сталинской премии (1941 г.). Неоценимы заслуги ЦРЛ в ходе подготовки советского подводного флота к предстоящей войне. Однако в конце 30-х годов ЦРЛ была закрыта, тем самым гидроакустическому направлению в СССР был нанесен чувствительный удар. В связи с переездом АН СССР в Москву и созданием Физического института имени П.Н. Лебедева (ФИАН), Н.Н. Андреев получил возможность создать Акустическую лабораторию «под крышей» ФИАН. Одним из важнейших направлений работ коллектива Н.Н. Андреева стала разработка акустической части проектирования будущего Дворца Советов (ДС). Комиссия по акустике АН СССР, возглавлявшаяся Н.Н. Андреевым, приняла на себя руководство этим направлением. В ходе этой работы формировался коллектив, которому предстояла командная работа на многие годы вперед. Эти исследователи и составили в будущем ядро Акустического института. Новые по тем временам решения, призванные улучшить акустические характеристики небывалого по размерам большого зала ДС были предложены А.В. Римским-Корсаковым, В.С. Григорьевым, Л.Д. Розенбергом, Б.Д. Тартаковским. Напряженно велись поиски «высококачественного звукопоглотителя». Лучшим было признано решение Г.Д. Малюжинца, который дал изящную теорию многослойного звукопоглотителя. Впоследствии эта теория сыграла важную роль в гидроакустике. После начала войны лаборатория была эвакуирована в Казань, где в 1942 г. Н.Н. Андреев и получил предложение обратиться к гидроакустическим задачам. После Великой отечественной войны интересы Акустической лаборатории были уже тесно связаны с акустикой океана. Быстрые успехи в этой области были связаны с особенностями школы Н.Н. Андреева — подходом, основанным на глубоком понимании физических процессов, высокой квалификацией участников, готовностью брать за новые сложные задачи, что очень важно в такой разветвленной области как акустика. Н.Н. Андреев был хорошо известен зарубежным ученым еще со времен знакомства с А. Эйнштейном в 1905 году, теперь международное признание получила и его школа. В 1946 году ученики Н.Н. Андреева — Л.М. Бреховских и Л.Д. Розенберг, проводя опыты в Японском море, делают открытие, которое многие эксперты уже 70 лет считают достижением нобелев-

ского уровня. Они открывают т. н. подводный звуковой канал. В последующие годы открытия в области гидроакустики, потребности ВМФ СССР, мощный потенциал коллектива (рост численности коллектива с 24 человек в 1945 году до 79 человек в 1953 году) поставили во главу угла задачу превращение лаборатории в отдельный Акустический институт АН СССР. Вопрос о необходимости организации в системе АН СССР Акустического института был поставлен Н.Н. Андреевым еще до войны, но в связи с трудностями послевоенного периода создания института задержалось и состоялось только 1 января 1954 года. Директором-организатором стал чл.-корр. АН СССР Л. М. Бреховских. Он осуществил строгий отбор талантливых выпускников советских вузов, пополнивших лабораторию института — это были В.И. Мазепов, Ф.И. Кряжев, Ю.П. Лысанов и другие молодые ученые. Н.Н. Андреев, поддерживая своего ученика в вопросах исследований акустики океана, тем не менее ставил задачи диверсификации задач, которые могли бы выполнить сотрудники института, в новом институте он заложил основы изучения фундаментальных основ промышленного ультразвука, биологической, нелинейной, физиологической акустики — направлениями, значение которых в полной мере раскрывается только сегодня. Фундаментальные и прикладные исследования института в послевоенные годы пользовались международным признанием, и с 1957 года сотрудники института представляли нашу страну в Международной акустической комиссии. Научный стиль, заложенный Н.Н. Андреевым, не раз выручал институт в трудные 90-е годы. Акустический институт имени Н.Н. Андреева в постперестроечные годы стал полноправным участником масштабных международных программ. Важным этапом явилось участие института в международных проектах АТОС — Acoustic Thermometry of Climate (Акустическая термометрия океанического климата), АСОУС, АМОС, CRDF. Акустический институт стал одним из немногих НИИ, которые выигрывают гранты сразу в нескольких подразделениях Российского фонда фундаментальных исследований — физика и астрономия, науки о земле, биология, телекоммуникации, социология науки и технологий. Такое под силу разве что профильным университетам. Другой пример диверсификации состоит в том, что подходы, выработанные специалистами в области гидроакустики, оказались полезными для нефтегазовой отрасли. Сегодня институт переживает новый этап своего развития и создает комплексы различного оборудования для проведения морских геологоразведочных и подводных технических работ, а также поисковые навигационные и охранные системы.

21.01-01.20 О физике и физиках ВолГУ. *Михайлова Е.А., Михайлова В.А., Коваленко И.Г., Лебедев Н.Г., Якимец А.Л. Математическая физика и компьютерное моделирование.* 2020, № 2, с. 57-69. Рус.

В статье, посвященной 40-летию Волгоградского государственного университета, содержится краткая информация об основных достижениях нескольких научных школ и направлений в различных областях физики, работающих в университете. За многие годы плодотворной работы в ВолГУ специалисты физических направлений по праву зарекомендовали себя одними из лучших ученых-исследователей в самых различных сферах деятельности, что позволило Волгоградскому госуниверситету занять лидирующую позицию по подготовке высококвалифицированных специалистов среди ведущих университетов России.

21.01-01.21 Уроки Галилея: как пережить чуму. *Маркус Х. В мире науки.* 2020, № 11, с. <https://sciam.ru/articles/details/uroki-galileya-kak-perezhit-chumu>. Рус.

Новый коронавирус поставил весь мир с ног на голову, и за последние месяцы людям пришлось учиться работать совершенно по-новому. Многие ученые выбрали в качестве образца для подражания Исаака Ньютона, поскольку весь 1666 г., свой «год чудес», он продемонстрировал высокую продуктивность в разгар чумы, развивая в английской глуши свои идеи в области гравитации, оптики и высшей математики. Но уединение и умиротворенное размышление — только одна из форм занятия наукой во время эпидемии, к тому же мало кому из нас она доступна. Галилео Галилей, астроном, физик и математик, превративший телескоп в инструмент науки, положивший начало физике движения, своим примером вдохновляет нас к занятиям более жизненной формой научной деятельности во время кризиса. В сущности, наиболее бурные и насыщенные общественной деятельностью годы жизни Галилея частично совпали со вспышкой черного мора (1630—1633).

21.01-01.22 Худшие времена на Земле. Брэннен П. В мире науки. 2020, № 11, с. <https://sciam.ru/articles/details/xudshie-vremena-na-zemle>. Рус.

Пангея, 252 млн лет назад, конец мироздания. Сибирь извергалась на протяжении 300 тыс. лет, продолжает извергаться и не собирается останавливаться. Не вулкан, прошу заметить, а целый регион — Сибирь, более 5 млн км². Бурлящая, вздымающаяся пустыня размером с континент, сплошь из раскаленных камней и пара. Моря, когда-то в сиянии рифов из роговых и губчатых кораллов, теперь отравлены кислотой и ртутью. Горячие, как суп, они пускают пузыри смертоносного болотного газа, подпитывающего взболтанные ураганом омерзительные нефтяные разливы. Морское дно пустует, поскольку ударающие трилобиты вымирают, пройдя путь развития в четверть миллиарда лет.

21.01-01.23 Как мы вышли в люди. Вонг К. В мире науки. 2020, № 11, с. <https://sciam.ru/articles/details/kak-my-vyshli-v-lyudi>. Рус.

В 1859 г., спустя 14 лет после выхода в свет первого номера нашего журнала, Чарлз Дарвин опубликовал самую важную научную книгу из когда-либо написанных человеком. Этот труд под названием «Происхождение видов» буквально перевернул представления людей о мире природы. Бросив вызов викторианским догмам, Дарвин заявил, что биологические виды не неизменны и не были раз и навсегда сотворены богом в соответствии с определенными замыслами.

21.01-01.24 Наше место во Вселенной. Рис Мартин. В мире науки. 2020, № 11, с. <https://sciam.ru/articles/details/nashe-mesto-vo-vselennoj>. Рус.

Потоки галактик, текущие сквозь космос, показывают контуры структуры, названной Ланиакеей, которая включает в себя наш Млечный Путь и еще 100 тыс. других крупных галактик.

21.01-01.25 Информация меняет общество. Орескес Н., Конуэй Э. В мире науки. 2020, № 11, <https://sciam.ru/articles/details/informacziya-menyayet-obshhestvo>. Рус.

Вслед за научными открытиями следуют технологические прорывы — в этом, по мнению ученых, заключается польза науки для человечества. Но историки знают, что отношения между наукой и техникой часто оказываются гораздо более сложными и нелинейными, чем принято считать. Вплоть до XIX в. все изобретения и инновации рождались в основном из ремесленных традиций. Их авторами были далекие от науки люди, которые обычно и не догадывались о соответствующих теоретических разработках. Магнитный компас, порох, печатный станок, хронометр, хлопкоочиститель, паровая машина и водяное колесо — примеров много.

21.01-01.26 Физика прекрасна своей непредсказуемостью. Чумаков В., Фортон В. В мире науки. 2020, № 11, с. <https://sciam.ru/articles/details/fizika-prekrasna-svoej-nepredskazuemostyu>. Рус.

От ядерной энергетики мы сможем отказаться, когда освоим термоядерную. Научный руководитель Объединенного института высоких температур РАН академик Владимир Евгеньевич Фортон уверен, что нам поможет в этом «Росатом».

21.01-01.27 К истории радиотелескопа РАТАН-600

(РАТАН-600 — одно из достижений школы акад. Л. И. Мандельштама). *Кайдановский Н.Л. Сообщения ИПА РАН.* 1995, № 81, <http://iaaras.ru/library/paper/1166/>. Рус.

Изложена история возникновения и принципы антенн перемещаемого профиля.

21.01-01.28 Профессор Семен Эммануилович Хайкин 1901—1968. Кайдановский Н.Л. Сообщения ИПА РАН. 1995, № 82, <http://iaaras.ru/library/paper/1167/>. Рус.

Семен Эммануилович Хайкин внес капитальный вклад в теорию нелинейных колебаний и радиотехнику, исследовал распространение радиоволн во всей толще земной атмосферы, был первым русским радиоастрономом - автором открытия радиоизлучения солнечной короны. Он показал направление перспективного развития радиоастрономии в области см дм волн, которое полностью себя оправдало. Это дает основание считать С.Э. Хайкина основоположником русской наблюдательной радиоастрономии, заслужившим право на память своих последователей.

21.01-01.29 История создания и развития отечественных средств гидроакустического противодействия и подавления. Корж И.Г., Тарасюк Ю.Ф. Морской вестник. 2005, № 3, с. 107-109. Рус.

21.01-01.30 Виктор Павлович Маслов. К 90-летию со дня рождения. Баев А.Д., Костин В.А., Костин Д.В., Шабров С.А. Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2020, № 2, с. 112-113. Рус.

Выдающийся ученый современности академик АН СССР и РАН РФ Виктор Павлович Маслов родился 15 июня 1930 года. В среде воронежских математиков В.П. Маслов впервые появился в 1972 году вместе со своим другом и коллегой В.И. Арнольдом, по случаю их участия в шестой («романтической», по слова С.Г. Крейна) зимней математической школе. И если уже в то время об Арнольде говорили вдохновенно, что называется «взахлеб» (еще бы, ученик самого А.Н. Колмогорова, стал Лауреатом Ленинской премии, будучи студентом третьего курса), то Маслов представлял некоторую загадку, видимо потому, что он пришел, так сказать, из физики. Но «исчисление некоммутирующих операторов» и «канонический оператор Маслова» уже тогда были у нас на слуху и активно обсуждались, восторженно комментируемые С.Г. Крейном, оппонентом В.П. Маслова при защите докторской диссертации. В настоящее время информацию об академике В.П. Маслове можно получить по многочисленным ссылкам в интернете. Крупнейший специалист в области математической физики, дифференциальных уравнений, функционального анализа, механики и квантовой физики. Разработал асимптотические методы, широко применяемые к уравнениям, возникающим в квантовой механике, теории поля, статистической физике, абстрактной математике, и носящие его имя. Асимптотические методы Маслова тесно связаны с такими проблемами, как теория самосогласованного поля в квантовой и классической статистике, сверхтекучесть и сверхпроводимость, квантование солитонов, квантовая теория поля в сильных внешних полях и в искривленном пространстве-времени, метод разложения по обратному числу типов частиц. Занимался проблемами жидкости и газа, проводил фундаментальные исследования по проблемам магнитной гидродинамики. Участвовал в расчетах по саркофагу для аварийного блока Чернобыльской АЭС, моделированию и прогнозированию экономической ситуации в России (1991 год). С начала 1990-х гг. Маслов работал над использованием уравнений математической физики в экономике и финансовом анализе. В частности, ему удалось спрогнозировать дефолт 1998 года в России, а еще ранее — крах экономической и как следствие политической системы СССР. В 2008 г. Маслов спрогнозировал крах американской (а с ней и мировой) финансовой системы. Он рассчитал критическое число долгов США, и выяснил, что в ближайшее время должен разразиться кризис. При расчетах использовались уравнения, аналогичные уравнениям фазового перехода в физике. Его авторство более 300 научных работ, в том числе 12 монографий, показывает необъятный исследовательский диапазон и удивительную научную плодотворность В.П. Маслова. Премии и награды: Государственная премия СССР (1978), Золотая медаль им. А.М. Ляпунова (1982), Ленинская

премия (1985), дважды лауреат Государственной премии РФ (1997, 2013), Демидовская премия (2000). В последние десятилетия В. П. Маслов является бессменным руководителем зим-

них математических школ С.Г. Крейна, получивших международный статус. Он так же является членом редколлегии журнала «Вестник Воронежского государственного университета».

Классические проблемы линейной акустики и теории волн

Математическая теория распространения волн

21.01-01.31 Связь дальней асимптотики струи с профилем скорости в отверстии. *Гайфуллин А.М., Жвиж В.В.* Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 46-49. Рус.

В приближении пограничного слоя рассмотрена затопленная незакрученная струя вязкой несжимаемой жидкости, вытекающая из отверстия. При помощи закона сохранения установлена связь неизвестной константы во втором члене обратного координатного разложения дальнего поля струи с профилем скорости в отверстии.

21.01-01.32 Обратные задачи для уравнения колебаний балки по отысканию источника. *Сабитов К.Б.* Прикладная физика и математика. 2020, № 5, с. 36-38. Рус.

Для уравнения колебаний балки изучены обратные задачи по отысканию правой части (источника колебаний). Решения задач построены в явном виде как суммы рядов и доказаны соответствующие теоремы единственности и существования. При обосновании сходимости рядов возникает проблема малых знаменателей. В связи с чем установлены оценки об отдаленности от нуля с соответствующей асимптотикой. На основе этих оценок обоснованы сходимость рядов в классе регулярных решений уравнения балки. Ключевые слова: уравнение балки, начальные условия, граничные условия, обратные задачи, спектральный метод, ряд, единственность, существование.

21.01-01.33 Акустические поля источников типа вертикальной гармонической силы. *Ларин А.С.* Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2006. 6, № 5, с. 13-16. Рус.

Поставлена задача построения диаграмм направленности квадратов амплитуд акустического сигнала. Показано, что касательная составляющая имеет максимумы на порядок больше, чем продольная.

21.01-01.34 Численное моделирование колебаний газового пузырька в жидкости под действием акустических волн. *Амирханов И.В., Муминов Х.Х., Сархадов И., Холов А.* Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2016, № 1, с. 76-84. Рус.

Проведено численное моделирование газового пузырька под действием акустических волн в жидкости. При моделировании использовался метод динамически адаптирующихся сеток, эффективность применения которого продемонстрирована в модельных задачах. Применение метода динамически адаптирующихся сеток позволило при моделировании использовать меньшее количество точек дискретизации и одновременно повысить скорость счета и точность вычисления.

21.01-01.35 Вывод уравнений Сен-Венана из уравнений Рейнольдса. *Саттаров М.А.* Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2017, № 3, с. 52-61. Рус.

Получена замкнутая система уравнений движения Навье—Стокса—Рейнольдса (НСР) с новыми дифференциальными членами первой и второй степени с соответствующими коэффициентами эффективной вязкости Буссинеска и переноса завихренности Тейлора. Выведенные из этой системы новые ассиметричные и двумерные модели Сен-Венана предложены для решения задач о перемещении волны паводка в руслах крупных рек и в водохранилищах речного типа.

21.01-01.36 Исследование соотношений на стационарном плоском сильном разрыве для полимерной

жидкости. *Блохин А.М., Семенко Р.Е.* Морской вестник. 2005, № 3, с. 89-104. Рус.

Исследуется плоский сильный разрыв в полимерной жидкости в рамках реологической модели Виноградова—Покровского. Приводятся соотношения на сильном разрыве. Обосновано существование разрывных стационарных решений задачи без поворота вектора скорости на разрыве и с поворотом (вращательный разрыв). Приведены примеры численных стационарных решений.

21.01-01.37 О точности схемы типа MUSCL при расчете разрывных решений. *Ковыркина О.А., Остапенко В.В.* Морской вестник. 2005, № 3, с. 105-121. Рус.

Изучается точность центрально-разностной NT-схемы (Nessyahu—Tadmor scheme) при расчете ударных волн, распространяющихся с переменной скоростью. Показано, что эта схема (при построении которой используется MUSCL-реконструкция потоков второго порядка) имеет приблизительно первый порядок как локальной сходимости в областях влияния ударных волн, так и интегральной сходимости на интервалах, одна из границ которых находится в области влияния ударной волны. В результате в этих областях локальная точность NT-схемы существенно снижается. Приведены тестовые расчеты, демонстрирующие эти свойства NT-схемы.

21.01-01.38 Колебания, резонансы и волны в нелокальной среде с источниками. *Шабловский О.Н.* Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки. 2018, № 4, с. 5-14. Рус.

Получены новые точные решения пространственно нелокального волнового уравнения с источниками. Результаты изложены в терминах теории теплопереноса. Нелокальность задачи определяется членом уравнения, содержащим четвертую производную по пространственной координате. Рассмотрены два вида знакопеременных по отношению к температуре объемных источников энергии. Для источника технического происхождения производная от функции источника по температуре положительна, поскольку «высокие» температуры наблюдаются там, где происходит выделение энергии. Для источника, воздействующего на биологическую ткань, наклон функции источника отрицателен, так как в области «низких» температур происходит выделение тепла. Внешнее воздействие на нелокальную среду моделирует неоднородный по координате нестационарный источник энергии, подробно рассмотрены пять примеров таких источников. Аналитические решения представлены в конечном виде. Выполнено сравнение результатов воздействия монотонного и немонотонного (импульсного) по времени реономных источников. Указаны условия трансзвукового перехода скорости волны при распространении возмущения по неоднородному температурному фону. Изучены резонансные ситуации в системе «среда—источник энергии». Определены границы устойчивости / неустойчивости колебательных процессов. Получен безразмерный критерий, заключающий в себе наклон функции источника и параметр нелокальности среды и оказывающий существенное влияние на свойства корреляции «частота колебаний—параметр затухания».

21.01-01.39 Первый метод Стокса в задаче о волнах на поверхности жидкости конечной глубины. *Зайцев А.А., Руденко А.И., Алексеева С.М.* Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки. 2020, № 1, с. 64-75. Рус.

Получено приближенное решение задачи о строении и характеристиках стационарной нелинейной периодической волны на поверхности жидкости конечной глубины. Способ решения: сначала упрощаются кинематическое и динамическое условия (упрощению динамического условия содействует интеграл Бер-

нулли), вводится интегральный оператор типа свертки, определяются четыре функции одной переменной, основной из которых является уровень волны. В результате получены одно линейное и три квадратичных уравнения, определены и обоснованы условия нулевого среднего для уровня и относительной функции тока, а также условие ортогональности уровня волны основной гармонике. Как у Стокса, неизвестные функции и параметры ищутся в виде разложений по безразмерному волновому числу. Получено нелинейное дисперсионное соотношение. Выполнен анализ решений. Рассмотрены случаи коротких и длинных волн.

21.01-01.40 Об определении правой части уравнения колебаний струны с нелокальными краевыми условиями. Кулиев Г.Ф., Исмаилова Г.Г. *Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н.* 2015, № 3, с. 27-33. Рус.

Рассматривается задача определения правой части уравнения колебаний струны с нелокальными краевыми условиями. Эта задача приводится к задаче минимизации некоторого функционала, построенного с помощью дополнительной информации. Для новой задачи выводится необходимое и достаточное условие оптимальности.

21.01-01.41 Математическая модель кавитации под воздействием одиночного импульса растяжения. Кравченко Н.Ю., Кулябов Д.С. *Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (ранее Вестник РУДН. Серия Математика. Информатика. Физика)*. 2019. 27, № 1, с. 49-59. Рус.

Описана созданная математическая модель, позволяющая исследовать динамику кавитационных пузырьков под воздействием одиночного импульса отрицательного давления. Временная зависимость и координаты параметров несущей фазы, температуры и давления паровой фазы, концентрации и размера пузырьков определяются численно. Сделан вывод, что созданная модель дает хорошее согласие между расчетными и экспериментальными данными.

Отражение, дифракция и рефракция волн

21.01-01.42 Идеальный движитель за корпусом в вязкой жидкости. Ачкинадзе А.Ш. *Морской вестник*. 2013, № 1S, с. 90-93. Рус.

Применяя теорему импульсов и сохранения механической энергии автор получил приближенные аналитические выражения тяги и подведенной к идеальному движителю мощности через интегралы по ограниченной поверхности поперечного сечения гидродинамического следа далеко за комплексом, движущимся равномерно и прямолинейно в вязкой жидкости. При этом подынтегральные функции содержат распределения давления и относительной скорости по поперечному сечению гидродинамического следа, которые вычисляются с помощью CFD-программ. Ключевые слова: интегральное уравнение, неаналитический рассеиватель, дифракция звука.

21.01-01.43 Метод интегральных уравнений в задаче дифракции звука на телах неаналитической формы. Клецёв А.А. *Морской вестник*. 2013, № 1S, с. 94-97. Рус.

С помощью метода интегральных уравнений Фредгольма 1-го и 2-го родов решаются задачи дифракции звука на идеальных и упругих телах неаналитической формы. Для идеального рассеивателя приводятся результаты численных расчётов.

Рассеяние акустических волн

21.01-01.44 Определение упругих свойств твердого шара по результатам рассеяния на нем акустического пучка. Котельникова Л.М., Николаев Д.А., Цысарь С.А., Сапожников О.А. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербурга. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 34-38. Рус.

При проведении экспериментов с упругими сферическими рассеивателями необходимо знать их основные параметры, характеризующие внутренние резонансы. В настоящей работе показано, что скорости продольных и поперечных волн в твердо-

тельном шаре могут быть определены из характеристик рассеяния ультразвукового пучка. В качестве рассеивателей использовались шары из стали и нейлона миллиметровых размеров, которые крепились в воде с помощью системы натянутых рыболовных лесок малой толщины. Акустическое поле создавалось плоским пьезоэлектрическим излучателем, работающим в импульсном режиме в мегагерцовом диапазоне частот. Рассеиватель помещался на оси излучателя. Путем сравнения экспериментальных данных и численных расчетов для амплитуды рассеяния были найдены неизвестные скорости и оценены коэффициенты поглощения упругих волн.

21.01-01.45 Новые законы и физические явления в диффузном рассеянии волны Рэлея. Чуков В.Н. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербурга. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 87-100. Рус.

В рамках новых топологических законов рассеяния поверхностной акустической волны Рэлея на шероховатом участке конечного радиуса свободной поверхности изотропного твердого тела впервые получена аналитическая формула для интенсивности диффузного рассеяния в виде обобщенного ряда Фурье по обобщенному базису Шверда—Лауэ с коэффициентами разложения в виде амплитуд разрывов шероховатости, дающая строго периодический спектр рассеяния для произвольной хаотической решетки разрывов шероховатости. Получен обобщенный закон рассеяния Лауэ—Брэгга—Вульфа. Даны объяснение и полная физическая картина хорошо известных в литературе рассеяния на сверхрешетке, суббрегговского рассеяния, отсутствовавшие до сих пор в литературе. Получены и исследованы бифуркации обобщенных периодических резонансов для рассеяния на непериодической решетке, псевдобрегговское рассеяние на участке поверхности с непрерывной шероховатостью, сопровождающееся гигантской модуляцией рассеяния. Установлены условия применимости теории.

Стоячие волны, резонанс, нормальные моды

21.01-01.46 Искусственный отражатель для настройки дефектоскопа, реализующего акустический волноводный метод контроля комбинированной арматуры. Стрижак В.А. *Вестник Ижевского гос. технич. ун-та*. 2020. 23, № 2, с. <https://istu.ru/storage/documents/izdat/vestnik/>

Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

21.01-01.47 Нелинейные волновые явления в узких трубках переменного сечения. Комаровский К.О., Гусев В.А. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербурга. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 128-133. Рус.

Рассмотрены явления, возникающие при распространении волн в узких трубках. Для нелинейных волн, описываемых обобщенным уравнением типа Вебстера, получено нелинейное уравнение. Оно учитывает низкочастотную геометрическую дисперсию, которая приводит к несимметричному искажению профиля периодической волны, качественно похожему на искажение нелинейной волны в дифрагирующем пучке. В модели модифицированного обобщенного уравнения Вебстера исследованы аналитические решения задачи о распространении звуковых волн в канале переменного сечения. Подчеркнута специфика протекания нелинейных процессов в полях пилообразных волн. Исследован режим туннелирования волны через сужение трубки специального вида.

21.01-01.48 Анализ влияния массовой нагрузки металлизации и начального механического давления на дисперсионные характеристики волны Лэмба в пластине ниобата лития. Плетнев О.Н., Бурков С.И., Турчин П.П., Золотова О.П. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербурга. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 268-274. Рус.

Рассматривается влияние на дисперсионные характеристи-

ки волн Лэмба массовой нагрузки в виде двух металлических слоев на свободных поверхностях пьезоэлектрической пластины ниобата лития, который широко используются в разработке различных акустоэлектронных устройств. На основе теории распространения акустических волн в пьезоэлектриках, подвергнутых воздействию одноосного механического давления, были также выполнены оценки возможной компенсации изменения фазовых скоростей мод волны Лэмба приложением одноосного механического давления к пьезоэлектрической пластине. Отмечены условия приложения одноосного механического давления, когда изменения фазовых скоростей мод волны Лэмба максимальные либо отсутствуют, что может иметь большое значение для разработки управляемых акустоэлектронных устройств.

21.01-01.49 **Корректная постановка граничной задачи Пекериса и ее решения в различных классах функций.** *Злобина Н.В., Касаткин Б.А., Касаткин С.Б.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 663-668. Рус.

Проанализирована граничная задача Пекериса. Рассмотрены особенности решения этой граничной задачи на примерах работ Бреховских Л.М., Крупина В.Д., Завадского В.Ю. и Gao Tain-Fu—Shang E. C. Исследован вопрос о соответствии указанных решений друг другу и вопросы корректности исходной постановки граничной задачи. Приведена классификация решений граничной задачи, полученных в различных модельных постановках, выполнена сравнительная оценка этих решений и представлены компьютерные модели звуковых полей, иллюстрирующие характерные особенности решений, полученных в соответствии с различными модельными постановками. Ключевые слова: граничная задача Пекериса, обобщенное решение, несамосопреженная модельная постановка.

21.01-01.50 **Асимптотический анализ двухрядного клепания пластин Кирхгофа.** *Назаров С.А.* Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 57-62. Рус.

Рассмотрены две пластины Кирхгофа, соединенные посредством двух шеренг заклепок, которые расположены с малым периодом h и моделируются точечными условиями сопряжения Соболева. Обнаружен новый и неожиданный эффект: в случае зеркальной симметрии шеренг почти полное сцепление пластин происходит при экспоненциально малом (относительно h) расстоянии между шеренгами. Тот же эффект при расположении заклепок в шахматном порядке возникает лишь в случае степенной малости расстояния. Эти результаты получены при помощи анализа явления пограничного слоя. Найден условия, при которых в пределе реализуется шарнирное соединение с трением.

Излучение источников, импеданс, картины полей

21.01-01.51 **Исследование влияния гидроакустических полей высокой интенсивности на морские светящиеся планктонные виды.** *Бритенков А.К., Машукова О.В., Боголюбов Б.Н., Силаков М.И., Речкин А.И.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 285-288. Рус.

Для дальней звукоподводной связи, телеуправления, освещения подводной обстановки, геолого-, сейсмо- и рыбопромысловой разведки используют мощные низкочастотные излучатели. Создаваемое такими гидроакустическими излучателями звуковое давление достигает нескольких десятков тысяч Па (приведённых к 1 м). Воздействие звуковых полей столь высокой интенсивности на гидробионты практически не изучено. В настоящей работе приведены примеры методик изучения влияния мощных низкочастотных звуковых полей на планктонные морские организмы путём исследования параметров биолюминесценции.

21.01-01.52 **Искажение и затухание сфокусированного ультразвукового пучка при прохождении через**

брюшную стенку в задачах неинвазивной хирургии абдоминальных гематом. *Бобина А.С., Росницкий П.Б., Хохлова Т.Д., Юлдашев П.В., Хохлова В.А.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 289-294. Рус.

Возможность применения высокоинтенсивного сфокусированного ультразвука для неинвазивной ликвидации абдоминальных гематом представляет интерес для современных клиницистов. Численный эксперимент по расчету ультразвукового поля внутри тела человека является важным инструментом планирования операции при фокусировке ультразвука через брюшную стенку. В работе исследовано распространение сфокусированной ультразвуковой волны через реалистичную акустическую модель торса человека, полученную по результатам сегментации изображений компьютерной томографии. Моделирование поля проводилось для различных положений излучателя с частотой 1 МГц на основе псевдоспектрального метода решения линейного волнового уравнения в неоднородной среде (программа k-Wave). Исследовано смещение фокального максимума поля в пространстве и уменьшение максимально достижимой интенсивности поля, связанные с поглощением и абберациями. Выбрано наиболее выигрышное расположение излучателя относительно тела человека для минимизации искажений ультразвукового пучка.

21.01-01.53 **Влияние неоднородностей черепа человека на фокусировку ультразвукового пучка при транскраниальном облучении головного мозга на различной глубине.** *Чупова Д.Д., Хохлова В.А., Гаврилов Л.Р., Росницкий П.Б.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 345-349. Рус.

Многоэлементные фазированные решетки позволяют фокусировать акустический пучок через кости черепа в заданные участки мозга, вызывая их локальный перегрев и разрушение. В клинической практике используются полусферические решетки, которые позволяют разрушать участки мозга близкие к центру кривизны черепа, однако механическое перемещение таких решеток ограничено. В работе рассматривается новый класс решеток в форме сегмента сферы, которые потенциально возможно перемещать на большие расстояния при облучении. Цель работы — исследование возможности использования решеток нового класса для облучения структур, удаленных от области таламуса. Рассмотрен пример абсолютно плотной 256-элементной мозаичной решетки с радиусом кривизны и апертурой $F=D=200$ мм, частотой 1 МГц и глубиной фокусировки 25–65 мм от внутренней поверхности черепа. Акустическая модель головы человека была построена на основе данных МРТ. Проведены расчет поля решетки, основанный на интеграле Рэлея и методе Кельвина—Фойгта, и компенсация аббераций, вызванных неоднородностью черепа по толщине. Продемонстрирована возможность острой фокусировки пучка во всем диапазоне глубин с коэффициентом усиления амплитуды давления в фокусе, $pA/p0$, изменяющимся от 19 до 23 относительно давления на элементах, и уровнем побочных максимумов, изменяющимся от 27% до 64 % от амплитуды давления в фокусе.

21.01-01.54 **Экспериментальные исследования волновой структуры сейсмоакустических полей железнодорожного транспорта в дальней зоне.** *Бубнов Е.Я.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 609-614. Рус.

Проведено исследование механизмов излучения, временных и спектральных характеристик вибрационных сигналов железнодорожного транспорта, зарегистрированных на разных расстояниях. Детальному изучению подвергнуты сейсмические и акустические поля железнодорожного транспорта в дальней зоне с использованием сейсмической линейной антенной. Выполнены измерения взаимной корреляционной функции между сейсмическими сигналами движущегося состава, принятыми датчиками антенны для различных временных участков реализации. Построен годограф для определения скоростных характеристик выявленных волн и проведена интерпретация волновой структуры сейсмического поля поезда в дальней зоне.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, механизмы излучения, сейсмические поля, акустические поля, дальняя зона, волновая структура.

21.01-01.55 Локализация источника в переменном по трассе волноводе с помощью адаптивной антенной решетки. Сазонтов А.Г., Смирнов И.П. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 653-657. Рус.

Построен адаптивный модовый алгоритм, позволяющий локализовать акустический источник с помощью вертикальной антенной решетки (АР), работающей в условиях неполной информации о пространственной изменчивости волноводного канала распространения. Приведена верификация предложенного метода с использованием экспериментальных данных, полученных в Ладожском озере. Показано, что указанный способ обеспечивает большую устойчивость процедуры оценивания к расхождению между истинной и ожидаемой репликой сигнала и в отличие от традиционного способа MUSIC, осуществляющим обработку в пространстве элементов антенны, позволяет корректно решить обратную задачу. Ключевые слова: неточное знание канала распространения, локализация источника, адаптивный алгоритм NM-RARE, экспериментальная апробация.

21.01-01.56 Интерференционная структура шумового поля движущегося источника в высокочастотном диапазоне. Кузнецов Г.Н., Кузькин В.М., Пересёлов С.А., Просовецкий Д.Ю. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 678-681. Рус.

Приведены результаты обработки высокочастотного эксперимента локализации движущегося шумового источника с использованием малогабаритной векторно-скалярной антенны. Использовалась частотно-временная обработка, согласованная с интерференционной картиной, формируемой источником. Восстановлены временные зависимости пеленга, скорости, удаленности и глубины источника. Дано объяснение экспериментальным данным на основе модельной двухлучевой интерферограммы, образованной прямым лучом и лучом, отраженным от свободной поверхности. Ключевые слова: гидроакустика, частотно-временная обработка, интерференционные методы.

21.01-01.57 Динамика волнового твердотельного гироскопа. Логовская Е.В., Носова А.В. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2006. 6, № 5, с. 34-38. Рус.

Рассмотрена расчетная схема волнового твердотельного гироскопа, построена визуальная модель динамики в пакете Simulink (MATLAB) и в пакете Mathcad. Расчеты осуществлены для случая отсутствия вращения основания — данный расчет представляет интерес с точки зрения исследования акустических свойств гироскопа.

21.01-01.58 Анализ пьезокерамических тонкостенных цилиндров, изготовленных с применением ультразвукового формообразования. Рытов Е.Ю. *Морской вестник.* 2012, № 15, с. 70-71. Рус.

Исследована микроструктура пьезокерамических элементов (ПКЭ) в форме тонкостенных цилиндров, изготовленных с применением ультразвукового формообразования (УЗФО) и статического прессования. Представлены гистограммы структуры зерен пьезокерамики. Приведены режимы формообразования и представлены значения основных электрофизических параметров ПКЭ. Установлено, что применение УЗФО для создания тонкостенных пьезокерамических цилиндров приводит к уменьшению расхода пьезокерамического материала более чем на 20% по сравнению с промышленной технологией изготовления ПКЭ заданной конфигурации при одновременном улучшении электрофизических параметров ПКЭ.

21.01-01.59 Численное моделирование массопереноса дисперсной фазы аэрозоля в нелинейных волновых полях для осесимметричной квазитрехмерной геометрической постановки. Тужмаков Д.А. *Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки.* 2019, № 1, с. 49-63. Рус.

Проводится численное моделирование колебаний столба аэрозоля в трубах на резонансных частотах. Выводится математическая модель динамики гетерогенной среды-смеси с приблизительно равными массовыми долями компонент. Математическая модель предполагает решение полной системы уравнений динамики для каждой из компонент смеси. Несущая среда представляет собой вязкий сжимаемый теплопроводный газ. Дисперсная составляющая аэрозоля описывается уравнениями сохранения средней плотности, сохранения компонент импульса и сохранения энергии. Математическая модель предполагает учет сил взаимодействия газа и капель аэрозоля, в качестве которых рассмотрены сила Стокса, сила Архимеда и сила присоединенных масс, также учитывается межкомпонентный теплообмен. Система уравнений математической модели — восемь уравнений в частных производных — решается с помощью конечно-разностного алгоритма, реализованного в виде программного кода. Уравнения математической модели дополняются соответствующими начальными и граничными условиями. На основе полученной численной модели исследуются закономерности перераспределения плотности дисперсной составляющей аэрозоля в волновых полях. Выявляется влияние размера капель на распределение дисперсной компоненты многофазной среды в процессе резонансных колебаний в трубах.

Численные методы, компьютерное моделирование

21.01-01.60 Связь между АЧХ и распределением модальных частот в задаче поиска акустических размеров помещения. Алешин А.Р., Гнутки А.П., Черезов М.И. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 466-474. Рус.

В работах ряда авторов, посвященных вопросам поиска оптимальных размеров помещений, предназначенных для прослушивания в условиях акустического комфорта, было установлено, что такие размеры существуют. Они получили название акустических и характеризуются наибольшей равномерностью АЧХ в зонах прослушивания для диапазона низких частот. Однако до сих пор не удалось установить функциональную связь между модальным распределением и акустическими размерами. В данной работе на базе компьютерного моделирования и применения метода конечных элементов формулируются подходы к решению проблемы.

21.01-01.61 Фононный кристалл с переменными во времени параметрами его структуры. Валюшин Ю.А., Дамдинов В.В. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 551-555. Рус.

С помощью численного моделирования в данной работе проведено исследование фононного кристалла, в котором акустические характеристики элементов его структуры меняются с частотой, сопоставимой с частотой распространяющегося звука. Показано влияние таких изменений на прохождение волновых пакетов акустических волн различных по форме и начальной фазе. Проводится анализ дисперсионных характеристик такого типа материалов. Кроме этого, было показано, что при определенных условиях фононный кристалл приобретает свойства фазового фильтра.

21.01-01.62 Численное исследование двухфазного потока в центробежном пылеуловителе на основе двухфазной модели турбулентности. Маликов З.М., Назаров Ф.Х. *Морской вестник.* 2005, № 3, с. 77-88. Рус.

Математическое моделирование закрученных турбулентных потоков является сложной проблемой. Исследование таких потоков с помощью методов прямого моделирования (DNS) или моделями больших вихрей (LES) требуют больших вычислительных ресурсов. А численное исследование двухфазного турбулентного потока внутри центробежного пылеуловителя на основе упомянутых методов на сегодняшний день практически не представляется возможным. Поэтому для исследования таких потоков приемлемыми математическими моделями являются модели турбулентности, основанные на замыкании урав-

нений Навье—Стокса, осредненных по Рейнольдсу (RANS). Однако линейные модели RANS, в основе которых лежит гипотеза Буссинеска, не пригодны для решения подобных задач. Дело в том, что гипотеза Буссинеска предполагает изотропную турбулентность, а в случае вращающихся течений возникает анизотропная турбулентность. При небольших закрутках потока в линейные модели RANS вводятся специальные поправки. При сильных закрутках потока, например, как в центробежных пылеуловителях, эти поправки могут быть недостаточными для получения приемлемых численных решений. Поэтому в таких случаях рекомендуется использовать нелинейные RANS модели, например, на основе рейнольдсовых напряжений. Но эти модели очень сложны и громоздки для исследования двухфазных сред. В последнее время появилась новая двухжидкостная модель турбулентности. Данная модель имеет высокую точность и проста в реализации при решении практических задач. Поэтому целью настоящей работы является численное исследование двухфазного турбулентного потока внутри центробежного пылеуловителя на основе новой двухжидкостной модели. Для верификации модели полученные численные результаты сопоставляются с экспериментальными данными. В работе также представлены результаты, полученные по линейной модели SARC.

21.01-01.63 К анализу течений жидкости в коническом 3d-диффузоре с острым углом раскрытия. *Гнеушнев И.А., Ковалева М.И., Сапронов Ю.И. Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2020, № 1, с. 38-43. Рус.*

Информация о динамических характеристиках жидкости в диффузорах необходима для решения задач оптимизации технических показателей проточных частей турбинных насосов, участвующих в перекачке нефти по магистральным трубопроводам. Описание таких характеристик можно получить на основе имеющихся аналитических выражений для решений модельных уравнений гидродинамики или их упрощенных вариантов, используемых в таких задачах. Получаемые из уравнения Навье—Стокса упрощенные (редуцированные) уравнения позволяют достаточно точно моделировать течения жидкости в конических областях. В данной статье использован подход, связанный с функциональной редуkcией уравнения Навье—Стокса (в случае трехмерного диффузорного течения) к смешанной краевой задаче для ОДУ второго порядка с квадратичной степенной нелинейностью (посредством подстановки, аналогичной подстановке Гамеля в случае двумерного диффузора). При достаточно малых углах раскрытия (кругового) конуса получено асимптотическое приближение к решению редуцированного уравнения.

Методы измерений и инструменты

21.01-01.64 Оптическая диагностика профиля акустического давления в фокусе ультразвукового пучка в воде. *Першин С.М., Брысев А.П., Гришин М.Я., Вункин А.Ф., Леднев В.Н., Клопотов Р.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 63-66. Рус.*

Впервые проведена оптическая диагностика профиля акустического давления в воде с перепадом 50 МПа в фокусе ультразвукового пучка (1,8 МГц). Пучок лазера (10 нс, 527 нм) фокусировали в перетяжку УЗ пучка под 90°. Рассеянные назад фотоны анализировали спектрометром. Профиль давления зондировали при увеличении задержки лазерных импульсов относительно УЗ импульсов. Установлено, что деформация полосы валентных колебаний О-Н в спектре комбинационного рассеяния света и амплитуды упругого рассеяния хорошо отражают профиль давления, непосредственно измеренный PVDF-гидрофоном. Полученные результаты могут служить основой нового метода дистанционного обнаружения процессов сжатия-растяжения в воде.

21.01-01.65 Разработка вычислительного алгоритма визуализации внутренних структур биообъекта на основе построения картины распределения акустического нелинейного параметра. *Чернов Н.Н., Варенико-*

ва А.Ю., Лагута М.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 83-86. Рус.

Рассматривается вычислительный алгоритм визуализации внутренних структур биотканей. Разрабатываемый алгоритм построен на процессе восстановления акустического нелинейного параметра, характеризующего структуру исследуемого объекта. Представлены физико-математические модели получения значения акустического нелинейного параметра в отдельно взятой точке и в плоском сечении биологического объекта путем измерения амплитудных характеристик высших гармоник прошедшей акустической волны. Получение проекционных данных осуществляется с помощью преобразования Радона с учетом специфики используемого акустического нелинейного параметра. Получены выражение для акустической проекции и уравнения, описывающие взаимосвязь между подвижной и неподвижной системами координат. Все этапы процесса визуализации последовательно отражены в блок-схеме вычислительного алгоритма, реализованного в пакетах прикладных средств математического моделирования.

21.01-01.66 Определение электрических характеристик пьезокерамики АМД-методами. *Кустов А.И., Деркачев И.С., Мигель И.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 157-162. Рус.*

Представлен алгоритм оценки физических параметров полученных по технологии спекания пьезокерамик. Задача быстрого и надежного контроля свойств таких материалов, безусловно, актуальна. Для её успешного решения предложено использовать новое исследовательское направление — акустомикроскопическую дефектоскопию. Суть этого направления в получении акустических изображений структуры приповерхностных слоев твердотельных материалов, а также в экспрессном измерении ряда их акустических характеристик. На основании экспериментальных результатов было предложено рассчитывать значения электрических характеристик по набору акустических. По результатам локальных измерений скоростей акустических волн и уровней их затухания оптимизированы процессы обработки керамик. Для получения экстремальных значений параметров применены методы решения оптимизационных задач.

21.01-01.67 Звуковидение в жидкости с приемом эхо-импульсных сигналов посредством многоканального волновода и зеркально-линзовой акустической системы. *Петросян С.А., Николаев Д.А., Цысарь С.А., Свет В.Д., Сапожников О.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 179-185. Рус.*

Предложен метод получения акустического изображения объектов в жидкости с помощью двумерной приёмной решетки в комбинации с зеркально-линзовой акустической системой, регистрирующей эхо-импульсные сигналы. Отличительной особенностью разработанного метода по сравнению с традиционными подходами является возможность звуковидения в агрессивной жидкой среде за счёт того, что приёмные элементы находятся на значительном удалении от неё. Исследуемый объект облучается акустическими импульсами от погружённого в жидкость источника. Для эффективного улавливания возникающих эхо-сигналов используется акустическая линза, расположенная около исследуемого объекта так, чтобы он находился вблизи фокуса. После прохождения через линзу эхо-импульсы отражаются от плоского зеркала и посылаются на вторую линзу, которая направляет акустические сигналы на входной торец многоканального волновода. Указанный волновод представляет собой набор металлических стержней, расположенных параллельно друг другу и объединённых в пучок. Каждый стержень является независимым волноводом, позволяющим с малыми потерями передавать попадающие на его вход акустические сигналы. Выход волноводной системы находится вне жидкости, где производится регистрация акустических сигналов с помощью сопряжённой с торцами стержней матрицы пьезоприёмников. В работе представлены как результаты моделирования, так и экспериментальные изображения, полученные в воде с помощью созданного звуковизора.

21.01-01.68 Акустомикроскопические исследования упруго-механических параметров сталей после внешних воздействий. *Кустов А.И., Деркачев И.С., Мигель И.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 430-435. Рус.

Представлены результаты акустомикроскопических исследований упруго-механических параметров сталей. Проведен анализ физических свойств подповерхностных слоев металлических материалов и исследовано влияние деформационных воздействий на них. Показано, что конкретные значения упруго-механических параметров определяются видом и уровнем внешних воздействий — механических, термических, диффузионных. На наш взгляд, задача оценки физических параметров металлических материалов эффективна с применением новых методов исследования. В работе применены методы акустомикроскопической дефектоскопии (или АМД-методы). С их помощью определены упругие модули сталей, их степени деформации, рассчитана толщина слоев с измененными свойствами, степень анизотропности.

21.01-01.69 Экспериментальные акустические исследования винтов малого масштаба. *Гринек А.В., Войчук И.П., Кондратьев С.И., Руденко В.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 578-584. Рус.

Рассматривается потенциал мелкомасштабных экспериментов для имитации акустики крупномасштабных изолированных и соосных противовращающихся винтов. Модель экспериментального ротора была основана на дизайне F7/A7, разработанном компанией General Electric. Винты диаметром 160 мм были изготовлены путем 3D печати и приводились в действие бесколлекторными двигателями постоянного тока. Исследования проводились на частоте вращения до 8500 об/мин. Акустические измерения дальнего поля выполнялись в шумозаглушенной безэховой камере. В тестах было зафиксировано тональное и широкополосное содержание шума изолированных винтов. Ключевые слова: изолированные винты, шумозаглушенная камера, акустические измерения дальнего поля.

21.01-01.70 Экспериментальное изучение акустических свойств угольных образцов, содержащих гидрат метана. *Дугаров Г.А., Дучков А.А., Манаков А.Ю. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 615-620. Рус.

Газогидраты широко распространены в природе. В ресурсном аспекте наибольший интерес представляют природные гидраты в высокопроницаемых песчаных породах, из-за чего гидратонасыщенные пески исследуются интенсивно. Значительно менее изучены другие классы гидратосодержащих пород. Так, ранее была выдвинута гипотеза о возможном наличии газовых гидратов в угольных месторождениях, однако лишь недавно возможность образования газогидратов при наличии связанной воды в углях была доказана экспериментально. В работе рассматриваются результаты серии экспериментов по изучению акустических свойств угольных образцов, содержащих гидрат метана. Была выявлена температурная зависимость скоростей продольных и поперечных волн. Приведены результаты экспериментов по изучению влияния на эту зависимость гидратонасыщения. Ключевые слова: газовые гидраты, гидрат метана, гидратосодержащие среды, акустические свойства, скорости, угольные образцы.

21.01-01.71 Акустические измерения на искусственных трещиноватых образцах, изготовленных по FDM технологии 3D-печати. *Дугаров Г.А., Колесников Ю.И., Федин К.В., Орлов Ю.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 621-626. Рус.

Рассматриваются результаты акустических измерений на искусственных образцах, содержащих систему ориентированных дискообразных включений, моделирующих трещиноватую среду. Эффективной моделью для таких сред является модель с трансверсально-изотропной системой симметрии при условии

изотропности вмещающей среды. Для изготовления образцов используется технология 3D-печати FDM расплавленной нитью пластика. Результаты проведенных акустических измерений показали возникновение анизотропии вмещающей среды за счет горизонтального переслаивания нитей пластика. Также при реализации внутренних пустот по этой технологии в образцах возникают неоднородности за счет большего спекания нитей пластика вокруг пустот. Также было показано, что использование технологии SLA (печать из жидкого фотополимера) потенциально позволяет избежать указанных эффектов, но требует отработки методики печати образцов с включениями. Акустическое просвечивание образца без включений, изготовленного по этой методике, показало его изотропность. Ключевые слова: 3D-печать, искусственные образцы, трещиноватая среда, акустические свойства, скорости, экспериментальные измерения.

21.01-01.72 Измерение проводимости ультратонких пленок платины в СВЧ-диапазоне. *Андреев В.Г., Вдовин В.А., Глазунов П.С., Васильев А.Б., Пинаев Ю.В., Хорин И.А., Черепенин В.А. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2020. 495, № 1, с. 78-83. Рус.

Представлены результаты измерений коэффициентов отражения и пропускания пленок платины толщиной 1—30 нм, изготовленных на кварцевых подложках методом магнетронного распыления. Измерения проводились в прямоугольном волноводе на частотах 9—11 ГГц. При падении волны на пленку Pt со стороны кварцевой подложки (Q—Pt-ориентация) отмечено увеличение максимального значения коэффициента поглощения ($A_{max}=0.45$), а также наличие явно выраженного минимума коэффициента отражения ($R_{min}=0.23$) при толщине пленки 3 нм. Для пленок толщиной менее 10 нм измеренные значения вполне соответствуют модельной зависимости удельной проводимости от толщины. Расчеты удельной проводимости пленок Pt от толщины проведены с использованием приближенных граничных условий и измеренных значений коэффициента отражения.

21.01-01.73 Колебания мембраны на границе потока жидкости. *Звягин А.В., Садыгова Н.Э. Прикладная физика и математика.* 2020, № 6, с. 3-7. Рус.

В данной работе рассматривается задача совместных колебаний мембраны и движущейся жидкости. Мембрана является частью границы потока жидкости. Считается, что жидкость является идеальной, несжимаемой, а течение — потенциальным. Система уравнений задачи состоит из уравнения Лапласа для потенциала скоростей жидкости, уравнения колебаний мембраны и связывающих их граничных условий. Потенциал жидкости ищется в форме действительной части аналитической функции — интеграла типа Коши. Учитывая граничные условия задачи, с помощью формул Сохоцкого—Племеля, получено интегро-дифференциальное уравнение колебаний мембраны на границе жидкости. Решение полученного уравнения ищется в форме установившихся колебаний. Методом последовательных приближений удается найти частоты собственных колебаний системы «мембрана—жидкость» с любой заданной точностью. Разработанный метод позволяет исследовать зависимость частоты колебаний от основных параметров задачи — плотности и скорости жидкости, упругих характеристик мембраны. В рассматриваемой задаче амплитуды колебаний возрастают во времени. Это означает, что в линейном приближении система неустойчива. Ключевые слова: колебания мембраны, частота собственных колебаний, потенциал скорости, идеальная жидкость, интеграл типа Коши, формула Сохоцкого—Племеля.

21.01-01.74 Анализ акустических сигналов на основе метода фильтрации Калмана. *Гуров И.П., Жиганов П.Г., Озерский А.М. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2002. 2, № 2, с. 200-206. Рус.

Рассматриваются особенности динамической обработки стохастических сигналов с использованием дискретных фильтров Калмана первого и второго порядка. Показана необходимость наличия адекватной априорной информации для эффективно-

го анализа акустических сигналов. Даны примеры обработки акустических сигналов фильтрами Калмана первого и второго порядка.

21.01-01.75 Классификация акустических датчиков. *Ткачев А.Л. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2007. 7, № 3, с. 328-332. Рус.

Приведена общая классификация акустических датчиков и их технические характеристики.

21.01-01.76 Частотная и фазовая синхронизация сигналов с массива оптоволоконных гидроакустических датчиков. *Михеев М.В., Дейнека И.Г., Плотников М.Ю., Алейник А.С., Шульгин Ф.А. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2018. 18, № 6, с. 968-975. Рус.

Предмет исследования. Рассмотрена проблема синхронизации сигналов в массивах оптоволоконных гидроакустических датчиков. Показано, что одним из наиболее важных факторов, влияющих на работу датчиков, является уровень собственного шума. Определен допустимый уровень фазового шума, возникающего вследствие работы системы синхронизации. Рассмотрены основные методы синхронизации, проанализирован уровень фазового шума в случае их использования. Метод. Для решения задачи синхронизации сигналов использован метод передискретизации сигналов. Возможность его использования оценивалась средствами математического моделирования в среде MATLAB. Показано, что добавление отсчетов в исследуемый сигнал приводит к значительному росту фазовых искажений. Основные результаты. Выполнена численная оценка воздействия нестабильности частоты тактового генератора на временное расхождение сигналов в случае отсутствия системы синхронизации. При отклонении тактовых частот генераторов на $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ расхождение достигает одной секунды через семь часов работы. Было показано, что при добавлении восьми отсчетов в секунду в синхронизируемый сигнал спектральные искажения достигают порядка 100 мкрад/Гц^{1/2}. Предложен аппаратный метод синхронизации, позволяющий увеличить точность синхронизации без искажения спектральной и фазовой характеристик сигнала, реализуемый путем подстройки частот локальных генераторов тактовой частоты с использованием обратной связи. Практическая значимость. Предложены два метода синхронизации, позволяющие с использованием интерфейса Ethernet, согласно стандарту IEEE 802.3, синхронизировать систему датчиков. Аналитически и экспериментально оценена величина фазового дрожания между различными каналами измерительной системы. Методы могут быть использованы в других системах, требующих синхронизации узлов с сохранением масштабируемости и гибкости всей системы.

21.01-01.77 Сравнение алгоритмов формирования диаграмм направленности микрофонных решеток в среде MATLAB. *Глузов А.А. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2020. 20, № 3, с. 455-460. Рус.

Предмет исследования. Рассмотрены основные количественные характеристики микрофонных решеток и применяемые при их исследовании алгоритмы формирования диаграмм направленности акустических сигналов (beamforming). Методы. Исследованы основные характеристики, способы вычисления и оценки. Проанализированы наиболее распространенные алгоритмы формирования диаграмм направленности: лучеформирования на базе задержки и суммирования (DAS), минимума дисперсии при неискаженном отклике (MVDR), Фроста или наименьшей дисперсии с линейными ограничениями (LCMV), подавления боковых лепестков (GSC). Расчеты и сравнительный анализ алгоритмов выполнены в среде моделирования MATLAB. Получены количественные характеристики: отношение сигнал-шум; отношение сигнал-интерференция-шум; индекс направленности; характеристики направленности; разрешающая способность. Основные результаты. Представлены результаты сравнения алгоритмов на примере линейной микрофонной решетки. Наиболее удовлетворительные результаты получены с использованием алгоритма LCMV. Результаты моделирования необходимо уточнять в реальных экспериментах.

21.01-01.78 Методика численно-аналитического рас-

чёта параметров демпфирующего звена маятникового акселерометра, функционирующего в режиме автоколебаний. *Малетин А.Н., Фоминов И.В., Хатанзейская М.А., Ключников А.И. Авиакосмическое приборостроение.* 2020. 24, № 11, с. 10-19. Рус.

Предложена методика численно-аналитического расчёта параметров фильтра низких частот маятникового акселерометра, функционирующего в режиме автоколебаний. Проведены расчёты демпфирующих звеньев первого и второго порядка акселерометра, функционирующего в режиме автоколебаний, позволяющих минимизировать шумовые составляющие погрешности измерения и времени переходного процесса. Показано, что фильтр второго порядка обеспечивает наилучшее быстродействие.

21.01-01.79 Индукционно-акустический кабелеискатель. *Кашин Я.М., Кириллов Г.А., Сидоренко В.С., Шюда В.В., Шаршаев А.А. Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки.* 2020, № 2, с. 85-91. Рус.

Рассмотрена сущность индукционно-акустического метода определения места повреждения кабеля. Разработана конструкция устройства для его реализации. Изобретение относится к электротехнике и может быть использовано для определения мест повреждения в силовых кабелях. Технический результат: повышение точности определения мест однофазного замыкания фазы на оболочку силового кабеля при больших переходных сопротивлениях в месте замыкания. Сущность: индукционно-акустический кабелеискатель содержит переключатель, первый, второй и третий усилители, первый и второй транзисторные ключи, управляющие статическим триггером с двумя устойчивыми состояниями, транзисторный импульсный ключ, ко входу которого подключен выход статического триггера, и гнезда для головных телефонов, установленные в одном корпусе, индукционный и акустический выносные датчики, головные телефоны. Выход третьего усилителя выполнен с возможностью подключения к головным телефонам через гнезда. Переключатель выполнен с первым и вторым входами и первым, вторым и третьим выходами. Транзисторный импульсный ключ выполнен с первым и вторым входами и первым и вторым выходами. В корпусе кабелеискателя дополнительно установлены задающий генератор с регулируемой частотой посылки импульсов, выход которого подключен ко второму входу транзисторного импульсного ключа, измеритель расстояния до места повреждения цифровой, вход которого подключен к первому выходу транзисторного импульсного ключа, и измеритель времени цифровой, вход которого подключен ко второму выходу транзисторного импульсного ключа, блок сброса показаний с кнопкой «Сброс», первым и вторым выходами. Измеритель времени цифровой содержит цифровой индикатор времени, который подключен к первому выходу блока сброса показаний. Измеритель расстояния до места повреждения цифровой содержит цифровой индикатор расстояния, который подключен ко второму выходу блока сброса показаний. При этом вход третьего усилителя подключен ко второму выходу переключателя, который выполнен с возможностью поочередного подключения входа третьего усилителя к выходу индукционного выносного датчика, подключенного к первому выходу переключателя, и к выходу акустического выносного датчика, подключенного ко второму выходу переключателя. Вход первого усилителя подключен к первому выходу переключателя, а вход второго усилителя подключен к третьему выходу переключателя.

21.01-01.80 Экспериментальные исследования экологичности работы дутьевых горелок трубчатых печей и разработка математических моделей уровней шума и концентраций оксидов азота. *Катин В.Д., Долгов Р.В., Ахтямов М.Х., Косыгин В.Ю. Безопасность жизнедеятельности.* 2019, № 10, с. 42-46. Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния степени крутки воздуха в дутьевых газовых горелках на концентрацию оксидов азота и уровень создаваемого шума при их работе. Разработаны математические модели выбросов оксидов азота и уровней шума в зависимости от степени крутки воздушного потока. Показано, что с увеличением параметра

крутки воздуха возрастают уровни звукового давления и концентрации оксидов азота при эксплуатации дутьевых горелок на нефтезаводских печах. Приведены экологические преимущества горелочных устройств типа ГП-2 как малозумных, так и малотоксичных горелок из числа исследованных. Разработаны рекомендации по повышению экологической безопасности работы дутьевых горелок на трубчатых печах.

См. также 21.01-01.37, 21.01-01.61

Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

21.01-01.81 Применение волн Лэмба для обнаружения и локализации неоднородностей в композитных материалах. *Муякишин С.И., Диденкулов И.Н., Вьюгин П.Н., Черноз В.В., Хабаров С.Э. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 174-178. Рус.*

Исследован метод обнаружения и локализации неоднородностей в пластинах из композитного материала. Метод основан на сравнении распределения амплитуд волн Лэмба ультразвуковых частот по поверхности пластины до и после появления неоднородности. Показано, что изгибные волны Лэмба дифрагируют на неоднородностях типа отверстие и массовая нагрузка на поверхности, что позволяет создавать различные системы обнаружения и локализации таких неоднородностей.

21.01-01.82 Применение параметрического моделирования случайных процессов для определения потерь в линейных колебательных системах. *Карпов И.А., Гребенников А.С., Ким А.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 560-564. Рус.*

Экспериментальное определение потерь в акустических средах и упругих конструкциях является одной из не до конца решенных проблем. Изложен новый метод, основанный на параметрическом моделировании измеренных случайных вибрационных или акустических колебаний. Метод опробован в лабораторном эксперименте, показана перспективность метода. Ключевые слова: дискретно-временные случайные процессы, параметрические модели, идентификация параметров, коэффициент потерь.

21.01-01.83 Динамическая устойчивость цилиндрической оболочки, подкрепленной продольными ребрами кусочно-постоянной толщины, при действии осевой нагрузки. *Бакулин В.Н., Недбай А.Я. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 39-45. Рус.*

Предложена модель для исследования одновременных параметрических и продольных колебаний ортотропной цилиндрической оболочки, подкрепленной продольными ребрами кусочно-постоянной толщины, при действии осевой нагрузки, гармонически изменяющейся во времени. Учет дискретного расположения и изменения толщины ребер осуществляется с помощью обобщенных функций. Рассмотрены основные этапы решения задачи с помощью предложенной комбинации методов. На численном примере впервые построены зависимости главной области неустойчивости от геометрических параметров ребер и проведено сравнение с областями неустойчивости для ребер со среднинеинтегральной толщиной. Разработанная модель позволяет значительно уточнить решения задач по расчету динамической устойчивости ортотропных цилиндрических оболочек с ребрами кусочно-постоянной толщины.

21.01-01.84 Смешанные задачи с функциональными условиями для уравнения колебаний струны. *Исмаилов Н.М. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2013, № 3, с. 30-36. Рус.*

Для первых трёх смешанных задач с функциональными условиями для уравнения колебаний струны в прямоугольной области с кусочно-гладкой границей установлено существование и единственность классического решения.

21.01-01.85 Новые модели обшивок с повышенным демпфированием для корабельных корпусных конструкций. *Румянцев К.А., Таубин А.Г. Морской вестник. 2017, № 1S, с. 59-61. Рус.*

Для снижения вибрации обшивок корпусов предлагается введение демпфирующего слоя в район срединной плоскости композиционного пакета. Рассмотрено влияние этого слоя на прочностные и виброакустические свойства обшивки. Показано, что снижение прочности не настолько значительно, чтобы препятствовать реализации данного предложения, зато коэффициент потерь демпфированной панели может быть увеличен в несколько раз. Есть разделы: Сравнительный анализ прочностных и акустических свойств вариантов обшивки. Виброакустические характеристики панели.

21.01-01.86 Нелинейная динамика вибрационной машины с электродинамическим возбудителем колебаний при питании от источника напряжения. *Асташев В.К., Пичугин К.А., Семенова Е.Б. Вестник научно-технического развития. 2020, № 10, с. 3-10. Рус.*

Приведены результаты анализа динамических свойств вибрационной технологической машины с электродинамическим возбудителем колебаний при ее питании от источника напряжения. Рассмотрена работа системы как на холостом ходу, так и с учетом нелинейной технологической нагрузки. Представлены амплитудно-частотные характеристики и указаны условия возникновения зон неоднозначности, соответствующих неустойчивым режимам.

21.01-01.87 Параметрические колебания подкрепленной перекрестными системами ребер ортотропной, повреждающейся цилиндрической оболочки, контактирующей с вязкоупругим грунтом. *Латифов Ф.С., Юсифов М.З. Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 1, с. 83-92. Рус.*

С помощью вариационного принципа исследуются параметрические колебания тонкой, подкрепленной перекрестными системами ребер, ортотропной повреждающейся цилиндрической оболочки с вязкоупругим грунтом, находящейся под действием внутреннего давления $p=p_0+p_1\sin\omega_1 t$ (где p_0 — средняя или основная нагрузка, p_1 — амплитуда изменения нагрузки, ω_1 — частота ее изменения). Ключевые слова: параметрические колебания, повреждение, оболочки, ортотропный.

См. также 21.01-01.38, 21.01-01.50, 21.01-01.73

Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

21.01-01.88 К решению задач акустического каротажа. *Лебедев А.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 643-647. Рус.*

Указывается на возможность существенного упрощения вычислений при акустическом зондировании природных сред из скважин (акустическом каротаже). За счет использования приближенной теории тонкостенных труб удается свести задачу к заданию граничного условия импедансного типа, существенно сократив ранг матричных уравнений. Приведены примеры расчетов, показывающие корректность в практически значимых случаях и пределы применимости предложенного приближенного описания. Ключевые слова: зондирование природных сред, акустический каротаж, теория тонкостенных труб.

21.01-01.89 Новый подход к аналитическому описанию роста парового пузырька в перегретой жидкости. *Чернов А.А., Гузев М.А., Пильник А.А., Владыко И.В., Чудновский В.М. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 73-77. Рус.*

Представлена математическая модель роста парового пузырька в перегретой жидкости, учитывающая как динамические, так и тепловые эффекты и включающая в себя известные классические уравнения — уравнение импульсов и уравнение теплопроводности, записываемые с учетом процесса испарения жидкости. Найдено приближенное полуаналитическое решение за-

дачи, построение которого основано на существовании квазистационарного состояния для процесса роста пузырька. Это позволяет редуцировать исходную краевую задачу с подвижной границей к системе обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Полученное решение справедливо на всех стадиях процесса и в широком диапазоне режимных параметров. Показано, что на больших временах решение становится точным автомодельным и в предельных случаях согласуется с известными решениями других авторов.

21.01-01.90 Кубатурная формула для производной акустического потенциала простого слоя. *Абдуллаев Ф.А., Халилов Э.Г. Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н.* 2015, № 1, с. 9-15. Рус.

Построена кубатурная формула для производной акустического потенциала простого слоя. Ключевые слова: кубатурная формула, производный акустический потенциал простого слоя, поверхность Ляпунова.

21.01-01.91 Фононные кристаллы: управление акустическими волнами. *Бадмажапова Т.Б., Балашин Ю.А., Гомбоев Р.И., Дамдинов Б.Б., Цыдыпов Ш.Б. Вестник Бурятского гос. ун-та.* 2019, № 4, с. 55-60. Рус.

Рассмотрены современные исследования в области акустических метаматериалов, в частности, фононных кристаллов. Проведено предварительное численное моделирование фононного кристалла с периодически изменяющимся сечением. Показано, что при определённых условиях фононный кристалл приобретает свойства акустического фильтра. Полученные результаты можно рассматривать как научный задел в этом направлении исследований и рассматривать, прежде всего, с точки зрения задач современной акустики в разработке новых акустических волноводов, звукоизоляторов, фильтров и акустических метаматериалов. Подробный анализ может быть проделан для фононных кристаллов любой геометрии (одномерных, 2D и 3D) в разных частотных областях акустического спектра.

Нелинейная акустика

Теория нелинейных акустических волн

21.01-01.92 Трансформация акустических волн в слоистых средах с модульной нелинейностью. *Гусев В.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 101-105. Рус.

Развита модель среды с модульной нелинейностью (бимодульной среды), позволяющая исследовать акустические явления в слоистых средах и многомерные волны. Рассмотрена эволюция поверхностных волн в бимодульной среде. Рассчитаны временные профили в такой среде. Показано, что в бимодульной среде он принципиально несимметричен. Это приводит к формированию однополярного предельного профиля.

21.01-01.93 Поля радиационных сил в вязкой жидкости. *Гусев В.А., Жарков Д.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 106-110. Рус.

Рассчитано поле поверхностной акустической волны в системе «слой вязкой жидкости—упругая подложка» с учетом сдвиговых компонент в жидкости. На основе дисперсионного уравнения рассчитаны скорость и затухание поверхностной волны. Показано, что для слабвязких жидкостей изменение скорости незначительно, однако сдвиговые компоненты вносят основной вклад в затухание волны. Рассчитано радиационное давление, возникающее в вязкой жидкости со стороны стоячей поверхностной волны и действующее на элемент ее объема за счет нелинейности уравнений движения. Показано, что учет вязкости изменяет пространственное распределения радиационного давления. Затухание волны вызывает дополнительную тенденцию к сбору взвешенных частиц в центре системы. Сдвиговые компоненты приводят к значительным градиентам радиационного давления вблизи границы раздела сред. Он играют определяющую роль в формировании упорядоченных ансамблей взвешенных частиц на последнем этапе процесса самоорганизации.

21.01-01.94 О разрешимости одной обратной краевой задачи для уравнения Буссинеска четвертого порядка с интегральным условием. *Ализаде Ф.Х. Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н.* 2015, № 4, с. 32-42. Рус.

Исследована одна обратная краевая задача для дифференциального уравнения с частными производными четвертого порядка с интегральным граничным условием. Сначала исходная задача сводится к эквивалентной задаче, для которой доказывается теорема существования и единственности решения. Далее, пользуясь этими фактами доказываются существование и единственность классического решения исходной задачи. Теория краевых задач для неклассических уравнений с частными производными является важнейшим разделом современной теории дифференциальных уравнений. В последние десятиле-

тия исследования в этой области проводились наиболее интенсивно благодаря многочисленным приложениям в газовой динамике, в механике сплошной среды, при распространении акустических волн в слабо неоднородных средах, в математической биологии, а также при математическом моделировании различных других прикладных задач. Нашей целью является изучение начально-конечной задачи для полного уравнения Буссинеска—Лява моделирующего продольные волны в упругой балке с учетом поперечной инерции. Ключевые слова: обратная задача, дифференциальные уравнения, существование, единственность, классическое решение.

См. также **21.01-01.39, 21.01-01.47**

Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

21.01-01.95 Применимость различных дифференциальных моделей турбулентности при численном расчете сверхзвуковых неизобарических струй. *Ильина Е.Е., Ильина Т.Е., Денисенко П.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015, № 3, с. 509-516. Рус.

Предмет исследования. Приведены результаты исследования применимости наиболее распространенных моделей турбулентности к расчету сверхзвуковых турбулентных струй, содержащих ударные волны. Целью исследования является отработка эффективной методики расчета неизобарических турбулентных сверхзвуковых газовых струй, содержащих ударные волны. В осесимметричном случае такие струи характеризуются нерегулярным (маховским) отражением ударных волн от оси симметрии, что сопровождается образованием прямых скачков уплотнения (дисков Маха), которым соответствуют пики давления и температуры на оси струи. Течение за дисками Маха — дозвуковое. Появление дозвуковых областей течения, а также резкого изменения параметров течения на прямых скачках уплотнения приводит к некоторым методическим сложностям в применении стандартных двухпараметрических дифференциальных моделей турбулентности. Известно, что разные модели турбулентности приводят к существенно отличающемуся распределению параметров вдоль оси струи. В частности, степень размытия ударно-волновой структуры струи при использовании некоторых моделей турбулентности значительно отличается от экспериментально наблюдаемой. Основные результаты. Выполнено сравнение широко представленных в современных коммерческих вычислительных пакетах моделей турбулентности: $k-\omega$ -модель турбулентности, модель Realizable $k-\epsilon$, модель RNG $k-\epsilon$, SAS-модель, стандартная SST $k-\omega$ -модель, transition SST-модель. Проведенное тестирование показало, что наилучшие результаты при расчетах сверхзвуковых течений, характерных для перспективных воздушно-реактивных двига-

телей, дают Realizable κ - ε и transition SST-модели турбулентности. Первая модель при небольшом перепаде давления на срезе сопла и в окружающей среде, типичном для штатных режимов работы воздушно-реактивных двигателей, обеспечивает получение надежных данных о распределении давления по оси струи, донном давлении, распределении давления по стенкам сопла и эжектора. Хорошую точность удается получить на достаточно грубой сетке без применения каких-либо специальных приемов и ухищрений. Transition SST-модель турбулентности обеспечивает лучшее совпадение с результатами эксперимента в случае большого перепада давления между срезом сопла и окружающей средой. Она более требовательна к разностной сетке, граничным и начальным условиям, отличается существенно большим временем счета. Вместе с тем, она гарантированно позволяет получить качественно верную картину ударно-волновой структуры при приемлемой точности определения распределения давления по оси струи.

Нелинейная акустика твердых тел

21.01-01.96 Концентрация напряжений вблизи жестких цилиндрических включений в условиях антиплоского сдвига. Ломакин Е.В., Лурье С.А., Рабинский Л.Н., Соляев Ю.О. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 50-56. Рус.

Представлены аналитические решения задач о концентрации напряжений вблизи цилиндрического включения с круглым и эллиптическим поперечным сечением в условиях антиплоского сдвига. Решения построены в рамках изотропной градиентной теории упругости в предположении высокой жесткости включений по сравнению с матрицей, что соответствует типичным характеристикам волокнистых композиционных материалов. Показано, что вблизи тонких включений, размеры сечения которых сопоставимы с характерным размером микроструктуры материала матрицы, может происходить снижение концентрации напряжений по сравнению со стандартными оценками, известными в теории упругости. Для круговых цилиндрических включений получены замкнутые решения, справедливые для материалов с малым объемным содержанием включений, которые могут быть использованы для прогноза прочности композиитов при сдвиге вдоль армирующих волокон, а также для идентификации дополнительных параметров градиентной теории упругости.

21.01-01.97 Об определении правой части уравнения поперечных колебаний стержня. Кулиев Г.Ф., Рамазанова А.Т. Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 2, с. 28-35. Рус.

Рассматривается задача определения правой части уравнения поперечных колебаний стержня. Эта задача приводится к задаче оптимального управления. Доказывается необходимое и достаточное условие оптимальности. Известно, что ряд задач математической физики, техники, механики и т.д. описываются уравнениями с частными производными четвертого порядка. Из таких уравнений отметим уравнение колебаний камертона, стержня, уравнение колебаний вращающихся валов, качки судна, уравнение колебаний пластин и т.д. Поэтому исследование задач оптимального управления в процессах, описываемых такими уравнениями является актуальным.

Влияние нелинейности на скорость и поглощение

21.01-01.98 Об эффекте резкого повышения интенсивности протекания гидродинамических и нелинейных волновых процессов при изменении геометрии проточной части и давления на входе и выходе гидродинамических генераторов вихревого типа. Ганиев С.Р., Шмырков О.В., Курмиев Д.В. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 89-92. Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния геометрии проточной части камеры и давления на входе и выходе генератора вихревого типа на интенсивность

и характер протекания нелинейных волновых и гидродинамических процессов.

21.01-01.99 Исследование динамических акустических параметров растворов электролитов. Абдулов Д.М. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2016, № 3, с. 44-51. Рус.

На основе единой микроскопической теории с учетом вкладов трансляционных и структурных релаксационных процессов получены общие динамические выражения для скорости распространения и коэффициента поглощения сдвиговых и продольных волн, а также для тепловой волны в растворах электролитов.

Параметрические антенны, рассеяние звука на звуке

21.01-01.100 Параметрический приемник Зверева—Калачева как устройство для определения и передачи значения звукового давления в воде. Железный В.В., Ивлиев С.В., Островский Д.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 111-119. Рус.

Исследуются специфика использования параметрического приемника Зверева-Калачева с короткой базой для определения и передачи значения звукового давления на частотах от нескольких сотен герц до нескольких кГц. При использовании приемника Зверева—Калачева в больших акустических измерительных бассейнах требуется только измерять значения фазовой модуляции тонального сигнала накачки, плотности воды, скорости звука, длины базы и углов поворота базы приемника относительно положения низкочастотного излучателя. Показана возможность применения параметрического приемника Зверева-Калачева в качестве нового устройства передачи значения звукового давления традиционным гидрофонам.

См. также **21.01-01.87**

Акустические течения и радиационное давление

21.01-01.101 Деформационные колебания газового пузырька вблизи межфазной поверхности. Максимов А.О., Половинка Ю.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 50-57. Рус.

Цель работы состояла в исследовании влияния границы раздела между средами с различными механическими свойствами на поведение газового пузырька. Возможность описать динамику газового включения при наличии ограничивающих поверхностей аналитическими методами связана с наличием внутренней симметрии задачи. Этот подход успешно применялся ранее для описания объемных колебаний, и обобщается в настоящей работе на поверхностные моды. Наличие границы приводит к снятию вырождения деформационных мод колебаний. Определена форма искажений поверхностных мод. Экспериментальное наблюдение описанного эффекта возможно при анализе рассеянного сигнала в условиях двухчастотного возбуждения: волной накачки, имеющую частоту близкую к резонансной частоте пузырька и высокочастотной сигнальной волной.

См. также **21.01-01.59, 21.01-01.93**

Источники интенсивного звука, фокусирующие устройства

21.01-01.102 Использование графических ускорителей при моделировании нелинейных ультразвуковых пучков на основе уравнения Вестервелта. Конюва Е.О., Юлдашев П.В., Хожлова В.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 134-140. Рус.

При проектировании мощных ультразвуковых преобразователей медицинского назначения возникает задача моделирования нелинейных фокусированных пучков. Для ее решения удобной волновой моделью является однонаправленное нелинейное уравнение Вестервелта. Большой волновой размер излучателей (около сотни длин волн), малый размер фокальной области высоких гармоник основной частоты (доли миллиметра), а также учет большого числа гармоник в численной модели (до 1000) для описания волн с ударными фронтами приводят к необходимости построения численного решения уравнения на больших пространственных сетках с размером матриц порядка 10000 на 10000. Реализация данной задачи на центральном процессоре (CPU) персонального компьютера занимает время до нескольких суток. Целью работы было разработать алгоритм распараллеливания расчетов оператора дифракции методом углового спектра, оператора нелинейности с помощью метода Рунге-Кутты четвертого порядка и оператора поглощения на графическом процессоре (GPU). Реализация данной задачи на GPU позволила ускорить расчеты в несколько раз по сравнению с CPU.

См. также 21.01-01.64

Методы измерений и инструменты нелинейной акустики

21.01-01.103 Изменение фазовых и химических свойств полимерных жидкостей в неравновесных условиях. *Каримов А.Р., Рухман А.А., Задорожный В.С., Лопес М.М., Шиканов А.Е., Богданов В.К.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 153-156. Рус.

Рассматриваются механизмы разрушения и синтеза макромолекул, которые могут стимулироваться внешними акустическими полями в потоках полимерных жидкостей, содержащих большое количество пузырьков газа. В данном случае появление огромного числа кавитационных зародышей обусловлено развитой внутренней структурой и наличием различных степеней свободы полимерных макромолекул. Предполагается, что динамика этих пузырьков зависит от изменения геометрии потока и возбуждающих звуковых колебаний в потоке. Особое внимание уделено на процесс изменения плотности жидкости за счет эффекта внутреннего эрлифта в полимерной среде. Механически вызванные кинетические изменения макромолекул (разрушение и синтез полимерных цепей) могут происходить, когда пузырьки схлопываются. Эти особенности могут быть использованы при обработке нефти.

21.01-01.104 Направленность излучения низкочастотного атмосферного звука, возбуждаемого источниками в воде. *Лебедев А.В.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 717-722. Рус.

Рассмотрен вопрос о направленности излучения атмосферного инфразвука, возбуждаемого монополюсным и дипольным источниками, помещенными в водную среду. Показано, что существует два типа вторичных эквивалентных источников, которые размещены на границе раздела сред. Один из источников является локальным, и его характеристики полностью определяются ближним полем первичного источника. Второй источник является распределенным и связан с наличием вертикальных возмущений поверхности, которые распространяются со скоростью звука в воде вдоль границы раздела сред. Из-за сильного ослабления амплитуды по мере увеличения расстояния от первичного источника такой источник имеет широкую диаграмму направленности. Представленные в статье качественные соображения и результаты численного моделирования позволяют определить диаграмму направленности низкочастотного звукового излучения в воздухе в зависимости от глубины погружения первичного источника, что может быть использовано для дистанционного исследования свойств атмосферы вблизи морской поверхности. Ключевые слова: атмосферная акустика, инфразвук, зондирование неоднородных сред.

Показано, что существует три характерных масштаба времен установления термодинамического равновесия: время термализации системы; время установления однородной температуры в системе после контакта с термостатом и, наконец, время установления полной эргодичности в системе. Первое время определяется столкновениями частиц (во флюидах) или многофазными процессами (в конденсированных средах) и лежит в интервале от десятков пикосекунд (в плотных флюидах) до микросекунд (в чистых кристаллах при низких температурах). Второе время определяется температуропроводностью и размерами системы и для образцов миллиметровых размеров составляет секунды. Третье время определяется скоростями диффузии частиц и может варьироваться в пределах от сотен наносекунд (в газах и жидкостях) до астрономических времен (в твердых телах при низких температурах). Обсуждается понятие эргодичности применительно к кристаллам и стеклам.

Нелинейная акустика многофазных, пористых, резиноподобных сред, полимеров

21.01-01.105 Иерархия времен установления распределения Гиббса. *Бражкин В.В.* Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 5-8. Рус.

Показано, что существует три характерных масштаба времен установления термодинамического равновесия: время термализации системы; время установления однородной температуры в системе после контакта с термостатом и, наконец, время установления полной эргодичности в системе. Первое время определяется столкновениями частиц (во флюидах) или многофазными процессами (в конденсированных средах) и лежит в интервале от десятков пикосекунд (в плотных флюидах) до микросекунд (в чистых кристаллах при низких температурах). Второе время определяется температуропроводностью и размерами системы и для образцов миллиметровых размеров составляет секунды. Третье время определяется скоростями диффузии частиц и может варьироваться в пределах от сотен наносекунд (в газах и жидкостях) до астрономических времен (в твердых телах при низких температурах). Обсуждается понятие эргодичности применительно к кристаллам и стеклам.

Физическая акустика

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

21.01-01.106 Акустическое исследование диэлектрических свойств адсорбированной воды. *Симаков И.Г., Базарова С.Б., Гулгенов Ч.Ж.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 73-77. Рус.

Продемонстрирована возможность применения поверхностных акустических волн в качестве инструмента исследования диэлектрических свойств адсорбированной воды. Чисто акустическим методом получены частотные зависимости действительной и мнимой частей комплексной диэлектрической проницаемости адсорбированной воды. Показано, что частотная зависимость диэлектрических свойств адсорбированной воды хорошо согласуется с уравнением Дебая.

См. также 21.01-01.99

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

21.01-01.107 Самосборка флуоресцентных фотонно-кристаллических структур в каплях бинарного растворителя вода—глицерин. *Савенко О.А., Степко А.С., Шевченко Н.Н., Кошкин А.В., Лебедев-Степанов П.В.* Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 26-33. Рус.

Экспериментально исследована морфология фотонно-кристаллических структур, получаемых самосборкой флуоресцентных наночастиц-маркеров из испаряющихся капель бинарного растворителя вода—глицерин, компоненты которого существенно отличаются по вязкости и скорости испарения, будучи при этом бесконечно растворимы друг в друге при нормальных условиях. Показано, что основным разупорядочивающим самосборку фактором являются вихревые потоки

Марангони, причем изменение начального соотношения концентраций компонентов бинарной смеси позволяет управлять степенью упорядочения образующейся после испарения растворителя из капли твердой фазы, распределенной на подложке. Малой начальной концентрации любого компонента бинарного растворителя отвечает наиболее упорядоченное распределение, а средним концентрациям — наиболее разупорядоченное. Рассчитаны характерные значения чисел Марангони в экспериментах. Показано, что средний радиус распределения ансамбля частиц-маркеров по подложке может служить дескриптором для описания степени упорядоченности.

См. также **21.01-01.99**

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

21.01-01.108 Особенности распространения продольной акустической волны через фоновый кристалл, помещенный в жидкую или резиноподобную среду. *Володарский А.Б., Кожийский А.И., Ширгина Н.В., Одина Н.И., Коробов А.И. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 556-559. Рус.*

Экспериментально изучены особенности прохождения продольной акустической волны через периодическую систему из акустического метаматериала, изготовленного методом 3D печати из ABS-пластика, в виде набора плоских периодических решеток, помещенных в жидкую (вода) и резиноподобную (агар) среды. Объемные упругие этих сред были практически одинаковы. Были измерены амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) системы при прохождении продольной волны, распространяющейся перпендикулярно плоскости образца. На АЧХ были обнаружены запрещенные зоны, в которых наблюдалось увеличение затухания упругих волн. Было установлено, что с увеличением количества слоев решеток в системе увеличивалось затухание звука в запрещенных зонах АЧХ. Исследована дифракционная картина рассеяния ультразвука на образцах. Ключевые слова: акустический метаматериал, фоновый кристалл, амплитудно-частотная характеристика.

21.01-01.109 Интегральные характеристики процесса акустических ударных волн дифракции на жестких телах. *Кадыров С.Г., Григорьев-Голубев В.В. Морской вестник. 2013, № 1S, с. 67-69. Рус.*

Приведено асимптотическое исследование процесса дифракции акустической ударной волны на выпуклом теле с помощью граничного интегрального уравнения. Найдены некоторые интегральные величины, полезные для описания нестационарного процесса дифракции и указаны методы их вычисления.

Акустическая кавитация, сонолюминесценция

21.01-01.110 Сонолюминесценция в пьезокерамическом резонаторе. *Козабаранов Р.В., Борисенко В.А., Диденкулов И.Н., Буркацкий А.С., Егоров А.С., Литвинов Д.А., Чернов В.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 29-33. Рус.*

Приведены результаты исследования сонолюминесценции в цилиндрическом резонаторе, изготовленном целиком из пьезокерамики. Численная модель акустического резонатора позволила определить режимы колебаний резонатора для наблюдения сонолюминесценции. Представлены данные о получении и исследовании одно- и многопузырьковой сонолюминесценции в системе вода-воздух. Показано, что условия для возникновения сонолюминесценции создаются в пьезокерамическом резонаторе при электрических напряжениях, значения которых меньше на порядок величины, чем в резонаторах других типов.

21.01-01.111 Структура сходящейся волны разрежения и развитие кавитации за ее фронтом в цилиндрическом слое многофазной жидкости. *Кедринский В.К., Журавлева Е.С. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.:*

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 423-429. Рус.

Экспериментальный анализ динамики 2D структуры квазипустого разрыва позволил предположить, что его замыкание на конечной стадии принимает близкий к одномерному цилиндрический характер. Исследуется новая постановка по динамике кавитационной зоны за фронтом сходящейся волны разрежения (ВР), процесс развития которой инициируется при ультразвуковом нагружении соосным поршнем в окрестности оси слоя жидкости, ограниченного свободной поверхностью. Проведен анализ влияния начальных размеров микропузырьков и концентрации газовой фазы, параметров ультразвукового нагружения на динамику формирования, рост зоны и структуру ВР в процессе фокусировки.

См. также **21.01-01.34, 21.01-01.89**

Плазменная акустика

21.01-01.112 Возможны ли гиперзвуковые электростатические солитоны? Оценка предельных чисел Маха ионно-звуковых солитонов в теплой плазме. *Дубинов А.Е., Суслова О.В. Ж. эксперим. и теор. физ. 2020. 158, № 5, с. 968-977. Рус.*

Развита нелинейная теория ионно-звуковых волн в бесстолкновительной теплой электрон-ионной плазме. Теория основана на анализе псевдопотенциала Сагдеева. Рассмотрены две модели ионно-звуковых волн - изотермическая и адиабатическая. Вычислены зависимости максимального значения числа Маха для солитонов от приведенной температуры (параметра неравновесности) плазмы для обеих моделей. Показано, что максимальное значение числа Маха не может превышать фундаментального предела 2.54. Решен вопрос о существовании гиперзвуковых ионно-звуковых солитонов: гиперзвуковые солитоны невозможны.

Низкотемпературная акустика, звук в жидком гелии

21.01-01.113 Теплообменник для устройства термализации нейтронов на пучковом исследовательском корпусном реакторе. *Серебров А.П., Лямкин В.А., Коптюгов А.О., Онегин М.С., Коваленко А.Н. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. 20, № 2, с. 263-271. Рус.*

Для фундаментальных исследований на пучковом исследовательском корпусном реакторе проектируется установка термализации нейтронов — «источник ультрахолодных нейтронов». Для экспериментов нового поколения в областях физики слабых взаимодействий и астрофизики необходима статистическая точность, связанная с высокой плотностью ультрахолодных нейтронов. Для достижения высокой плотности гелий-4 в камере источника, который используется в качестве конвертора холодных нейтронов в ультрахолодные, должен находиться при температуре порядка 1 К. При использовании вакуумной откачки паров гелия-4 в источниках ультрахолодных нейтронов еще не удалось получить температуру ниже 1,4 К. Для достижения более низких температур необходимо давление насыщенных паров должно составлять менее 50 Па, что невозможно ввиду гидравлических потерь. Предполагается использование теплообменника, в котором гелий-4 будет охлаждаться гелием-3. Это обосновано тем, что температуру гелия-3 эффективнее поддерживать вакуумной откачкой, так как давление его насыщенных паров на порядок выше, чем у гелия-4. Между двумя гелиями будет создаваться температурный напор за счет температурного скачка, описанного П.Л. Капицей, и теплового моста между капсулой с гелием и теплообменником. Для решения данной проблемы предложена оптимизация с использованием численного моделирования на основании математической модели тепловых процессов в камере со сверхтекучим гелием, учитывающая контактное тепловое сопротивление, описываемое моделью акустического рассогласования И.М. Халатникова с поправочным коэффициентом. Представлен пример такой оптимизации для источника ультрахолодных нейтронов, находящегося в Гатчине. Математическая модель реализована

в универсальном решателе на основе метода конечных элементов. Предложены геометрические параметры теплообменника, в котором температурный напор составил 0,2 К, температура гелия-4 достигается вакуумной откачкой паров гелия-3 при давлении 850 Па. Снижение температуры с 1,4 до 1 К повысит плотность ультрахолодных нейтронов почти на порядок величины, что увеличит статистическую точность проводимых на пучковом исследовательском реакторе экспериментов с ультрахолодными нейтронами.

Наноакустика, акустика тонких пленок и капель с наночастицами

21.01-01.114 Акустическое исследование нелинейности сдвиговой упругости наносуспензий. Дембелова Т.С., Макарова Д.Н., Бадмаев В.Б., Очиров В.Д. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 17-22. Рус.

Акустическим резонансным методом с применением пьезокварцевого кристалла определен комплексный модуль сдвига суспензий наночастиц диоксида кремния в полиэтилсилоксановой жидкости. Метод основан на изучении влияния сил добавочной связи на резонансные характеристики колебательной системы. Пьезокварц, закрепленный в точках на узловой линии, колеблется на основной резонансной частоте 73 кГц, совершая тангенциальные смещения. Суспензия наносится на один конец горизонтальной поверхности и накрывается твердой накладкой из плавленого кварца, подвергаясь деформациям сдвига. При увеличении значений вынуждающей силы, колеблющей пьезокварц, резонансные кривые деформируются, что свидетельствует о нелинейности сдвиговой упругости исследуемых суспензий. Получены зависимости модуля сдвига наносуспензий от амплитуды деформации.

21.01-01.115 Роль амплитуды колебаний при акустическом разделении нанопорошков. Калашников С.В., Номоев А.В. *Вестник Бурятского гос. ун-та.* 2019, № 2-3, с. 3-6. Рус.

Рассмотрены закономерности акустического разделения нанопорошков — перераспределения частиц в узлы и пучности волны на поверхности поперечно колеблющейся пластины. Выявлена зависимость характерного размера разделения частиц от амплитуды колебаний. Закономерности открывают возможности применения акустического разделения ультрадисперсных материалов в газовой среде без жидкости. Разделения при низких частотах позволяет использовать колебательные поверхности больших размеров, изменение частоты и амплитуды колебаний способствует регулированию размера частиц в разделенных фракциях. Что позволяет получать нанопорошки с заданными размерами частиц и увеличивать эффективность их применения в материаловедении и других областях.

См. также **21.01-01.89**

Поверхностные волны в твердых телах и жидкостях

См. **21.01-01.39**, **21.01-01.45**, **21.01-01.91**, **21.01-01.94**, **21.01-01.106**

Акустические явления в метаматериалах

21.01-01.116 Численный расчет поглотителя звука из АММ [акустический метаматериал]. Асфандияров Ш.А. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 544-547. Рус.

Описаны результаты и особенности численного расчета звукового поля и эффективности звукопоглотителя из метаматериала в волноводе с учетом параметров волновода. Аналитический расчет основан на моделировании звукового поля плоскими волнами. Численный расчет производился с помощью программного обеспечения COMSOL Multiphysics. Цель расчета — определение значения импеданса поглотителя, обеспечивающе-

го максимальную мощность поглощения в заданном диапазоне частот. Ключевые слова: резонансные звукопоглотители, метаматериал, COMSOL Multiphysics, моделирование, метод конечных элементов, акустические потери.

21.01-01.117 Метод волнового усреднения и эффективные параметры АММ. Бобровицкий Ю.И. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 548-550. Рус.

Акустический метаматериал (АММ) — это периодическая структура, состоящая из сложных ячеек с многими степенями свободы. Его акустической моделью является однородная акустическая среда, описываемая уравнением Гельмгольца с двумя эффективными параметрами — упругим модулем K_{eff} и плотностью ρ_{eff} . Связь между эффективными параметрами модели и множеством материальных параметров реальной ячейки АММ устанавливается с помощью того или иного критерия эквивалентности АММ и акустической модели на основе некоторого метода усреднения поля колебаний сложной ячейки. В предлагаемом ниже методе волнового усреднения таким критерием является равенство дисперсионных уравнений АММ и модели. Показано, что, в отличие от других многочисленных методов усреднения и критериев эквивалентности, эффективные параметры, полученные методом волнового усреднения, позволяют точно вычислять фазовую и групповую скорости нормальных волн в АММ, а также все его энергетические характеристики. Ключевые слова: акустические метаматериалы, эффективные параметры, дисперсия волн, энергетические соотношения.

См. также **21.01-01.57**, **21.01-01.91**

Магнитоакустический эффект, осцилляции и резонанс

21.01-01.118 Изменение ядерной спиновой релаксации в условии акустического и магнитного насыщения линии ядерного магнитного резонанса в кристаллах. Микущев В.М., Чарная Е.В. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 58-62. Рус.

Приводятся результаты экспериментальных исследований акустического и магнитного стационарного воздействия резонансной частоты на скорость ядерной спин-решеточной релаксации в диэлектрических кристаллах. Показывается универсальный характер уменьшения скорости релаксационных процессов в результате насыщения линии ЯМР. Полученные результаты интерпретируются в рамках разработанной модели подавления релаксации, идущей с участием спиновой диффузии, за счет локального перегрева спиновой системы вблизи парамагнитных центров. Модель согласуется с обнаруженным различием скорости релаксации при положительной и отрицательной интегральных температурах ядерной спин-системы.

21.01-01.119 Акустические и спиновые волны в магнитных, магнитоэлектрических и магнитоупругих гетероструктурах. Никитов С.А., Морозова М.А., Матвеев О.В., Садовников А.В. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 262-267. Рус.

Представлен обзор работ по исследованию свойств акустических и спиновых волн, распространяющихся в твердотельных гетероструктурах и имеющих применения в твердотельной электронике. В настоящее время исследование свойств акустических волн (в первую очередь, поверхностных акустических волн (ПАВ)) в твердых телах обусловлено в основном развитием технологий применения этих волн для нужд микро- и нанoeлектроники. Если в недавнем прошлом приборная элементная база на ПАВ ограничивалась частотным диапазоном в пределах СВЧ-диапазона (до 1 ГГц), то в настоящее время вследствие развития технологии элементная база позволяет возбуждать волны с длинами порядка десятков и единиц микрометров на частотах в несколько ГГц и даже более 10 ГГц, и на их основе создается новая элементная база. В микро- и нанoeлектронике основные применения ПАВ лежат в области создания

линий задержки сигналов, фильтров, резонаторов, в том числе для беспроводных технологий и в особенности датчиков различных физических величин. Исследованиям в данной области и посвящена настоящая работа.

21.01-01.120 Акустическое манипулирование левитирующими в магнитном поле сферическими частицами. Крожмалъ А.А., Сапожников О.А., Кудан Е.В., Цысарь С.А., Петров С.В., Перейра Ф., Хесуани Ю.Д., Энгелькамп Х., Граннеман С., Мионов В.А., Парфенов В.А. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 309-314. Рус.

Задача манипулирования микроскопическими телами с помощью акустической радиационной силы может иметь множество применений, в том числе в направлениях биофабрикации, когда в качестве акустических мишеней выступают живые клетки или тканевые сфериды (сферические конгломераты клеток размером до 0.3 мм), а сформированная конструкция имеет функции живой ткани. С помощью цилиндрического пьезоэлектрического преобразователя из полистироловых шариков (имитаторов тканевых сферидов) были сформированы объекты в виде трубочек миллиметровых размеров; при этом шарики находились в состоянии магнитной левитации в сильном магнитном поле, индукция которого достигала 15 Тл. Было изучено влияние конфигурации акустического и магнитного поля на форму сфабрикованной трубочки.

21.01-01.121 Результаты экспериментальных исследований эффективности процесса акусто-магнитной обработки жидкости с помощью кристаллооптического способа. Коржаков А.В., Коржакова С.А. *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2020, № 1, с. 69-74.* Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению эффективности обработки жидкости акусто-магнитным полем. Для построения математических моделей, используемых для проектирования новых конструкций акусто-магнитных аппаратов и возможности их оптимизации, используются данные об эффективности обработки жидкости. В качестве значения эффективности обработки используется показатель накипеобразования. Существует несколько различных способов для его определения. Ранее для его определения использовались весовой и объемный методы. В данной работе рассматривается кристаллооптический способ для определения эффективности работы устройства. Для проведения экспериментов используется специально созданная лабораторная установка, позволяющая поддерживать необходимые параметры проведения эксперимента и производить варьирование их значений. Проведен ряд экспериментов по обработке геотермальной воды. Для определения эффективности обработки жидкости акусто-магнитным полем фиксировались средние размеры центров кристаллизации, для чего использовались микроскопы с разной степенью увеличения: 300, 600 и 1000 раз соответственно. В результате по серии измерений было вычислено среднее значение результирующего признака, которое оказалось близким к результатам, полученным с помощью весового и объемного способов, что в свою очередь доказывает высокую эффективность производимой акусто-магнитной обработки.

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

21.01-01.122 Акустооптические устройства на основе двусосных кристаллов. Балакиши В.И., Купрейчик М.И., Манцевич С.Н., Пожар В.Э. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 215-219. Рус.

Представлен детальный анализ акустооптического эффекта в двусосных кристаллах на примере кристаллов ромбической сингонии Tl_3AsS_4 и α - BiO_3 . Определены оптимальные срезы кристаллов для таких акустооптических устройств как дефлек-

торы и фильтры. Показана перспективность применения кристалла Tl_3AsS_4 для создания высокоэффективных акустооптических дефлекторов, а также квази-коллинеарных фильтров в ближнем и среднем ИК диапазонах. Проведено исследование характеристик близкого к коллинеарному режима акустооптического взаимодействия. Установлено, что спектральное разрешение акустооптических фильтров на основе такого варианта дифракции оказывается сопоставимым с разрешением квази-коллинеарных фильтров при равной длине акустооптического взаимодействия. В частности, показано, что подобный фильтр на основе α - BiO_3 может существенно превосходить хорошо известный коллинеарный фильтр на основе молибдата кальция по разрешению и при этом потреблять меньшую мощность.

21.01-01.123 Исследование кристаллов α - BaV_2O_4 и β - BaV_2O_4 для применения в акустооптических приборах ультрафиолетового диапазона. Марущин М.В., Поликарпова Н.В. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 220-224. Рус.

Исследованы акустические, оптические и акустооптические свойства материалов, принадлежащих к семейству тригональных кристаллов боратов бария α - BaV_2O_4 и β - BaV_2O_4 . Рассчитаны фазовые скорости и поляризации акустических волн. Получены зависимости угла Брэгга от частоты ультразвука. Представлены зависимости коэффициентов акустооптического качества материалов от направления фазовых скоростей акустических волн. Работа выполнена с целью оценки возможности создания акустооптических устройств на основе кристаллов боратов бария, работающих в ультрафиолетовой области спектра.

21.01-01.124 Необычные случаи поведения акустических волн на границе раздела в кристалле парателлурита. Поликарпова Н.В., Марущин М.В. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 225-229. Рус.

Рассмотрены особенности поведения акустических волн на границе раздела в кристалле парателлурита — материала, наиболее часто используемого в акустооптике. Сильная анизотропия упругих свойств рассматриваемого материала позволяет наблюдать новые эффекты, которые невозможно реализовать в изотропной среде, в числе которых неважное отражение волн на границе раздела. Показано, что при неважном отражении имеет место симметрия коэффициентов отражения. Обсуждается возможность использования неважной геометрии отражения акустических волн при построении акустооптических устройств.

21.01-01.125 Вынужденное рассеяние на упругих колебаниях наночастиц в оптическом резонаторе с нанодисперсным заполнением. Бункин А.Ф., Михалевич В.Г., Стрельцов В.Н. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 230-234. Рус.

Рассмотрен стационарный режим генерации стокового излучения в оптическом резонаторе с высокой добротностью, заполненном жидкой средой с дисперсной фракцией в виде взвеси диэлектрических сферических наночастиц при внешнем возбуждении резонатора. Физическим механизмом вынужденного комбинационного преобразования частоты падающего на среду электромагнитного излучения является раскачка упругих пульсаций дисперсных частиц под действием пондеромоторных сил падающей электромагнитной волны и генерируемых полей комбинационных частот.

21.01-01.126 Определение модуля Юнга стальной проволоки оптико-акустическим методом. Кожушкова В.В., Сергиенко В.П., Митюрин Г.С. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 235-241. Рус.

Показана возможность бесконтактной ультразвуковой диагностики стального металлокорда в результате измерения скорости низкочастотных продольных импульсов. В основу подхода положено оптико-акустическое преобразование, где в каче-

стве источника использовали наносекундные лазерные импульсы на длине волны 532 нм. Возбуждение зондирующего акустического импульса выполняли нефокусированным лазерным пятном диаметром 5 мм, которое освещало боковую поверхность стальной проволоки. Бесконтактную регистрацию ультразвука выполняли двумя электромагнитными акустическими преобразователями, размещёнными непосредственно у боковой поверхности проволоки. Расстояние между преобразователями составляло 23 мм. Особенностью преобразователей является применение промышленных индуктивностей, с линейными размерами, не превышающими 3 мм, в качестве чувствительных элементов, электрические сигналы которых усиливались. Измерения скорости выполнены в длинноволновом приближении, для которого характерна максимальная фазовая скорость при минимальной дисперсии, что позволяет сохранить форму импульса на значительном расстоянии от источника. Измеренная таким образом скорость продольных стержневых мод и плотность, полученная гидростатическим взвешиванием, определяют модуль Юнга. Полученные экспериментально значения модуля в образцах стальной проволоки различных диаметров согласуются с измеренными контактными методами и табличными величинами.

21.01-01.127 Исследование структурных и пьезоэлектрических свойств плёнок ПВДФ, полученных методом Ленгмюра—Блоджетт. Горбачев И.А., Смирнов А.В., Кащин В.В., Юдин С.Г., Анисимкин В.И., Колесов В.В. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 246-251. Рус.

Методом Ленгмюра—Блоджетт созданы гибкие пьезоэлектрические пленки на основе поливинилиденфторида (ПВДФ). Поляризация полимера осуществлялась в процессе формирования монослоя на поверхности субфазы. Для исследования пьезоэлектрических свойств созданных пленок на их поверхности создавались планарные электродные структуры методом принтига проводящими чернилами. Морфологические и структурные свойства полученных пьезоэлектрических плёнок и электродных структур изучались с помощью сканирующей электронной микроскопии. При помощи пьезоэлектрического зонда была измерена пьезоконстанта d_{33} .

21.01-01.128 Влияние поперечных размеров пьезоэлектрических резонаторов с продольным и поперечным электрическим полем на особенности возбуждаемых акустических колебаний. Зайцев Б.Д., Семёнов А.П., Теплых А.А., Бородина И.А. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 252-256. Рус.

Изучены особенности акустических колебаний в резонаторе с продольным возбуждающим электрическим полем и в резонаторе с поперечным возбуждающим электрическим полем (ПЭП). Экспериментально и теоретически исследовано влияние диаметра дискового резонатора на его основные характеристики, такие как частоты параллельного и последовательного резонансов и максимальные значения реальных частей электрического импеданса и адмиттанса. Установлено, что частоты параллельного и последовательного резонансов обратно пропорциональны диаметру образца, что соответствует колебаниям радиального типа. Максимальное значение реальной части электрического адмиттанса убывает с уменьшением диаметра диска резонатора, а максимальное значение реальной части электрического импеданса увеличивается. Экспериментально исследовано влияние поперечных размеров ПЭП резонатора на его основные характеристики, такие как резонансная частота параллельного резонанса и максимальное значение реальной части электрического импеданса. Обнаружены три параллельных резонанса, причем резонансные частоты увеличиваются с уменьшением одного из поперечных размеров пьезоэлектрической пластины резонатора. Что касается максимального значения реальной части электрического импеданса, то для первого и третьего резонанса оно увеличивается и уменьшается для второго.

21.01-01.129 Влияние проводящей пленки с конечной толщиной на характеристики резонатора с по-

перечным электрическим полем. Зайцев Б.Д., Теплых А.А., Семенов А.П., Бородина И.А. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 257-261. Рус.

Методом конечных элементов изучено влияние проводимости и толщины пленки, нанесенной на свободную сторону резонатора с поперечным электрическим полем из пьезоэлектрики ЦТС 19, на его резонансные характеристики. Исследовались реальные пленки на основе нитроцеллюлозного лака с микрочастицами графита и пленки хитозана — ацетата. Плотность пленки определялась экспериментально по известной массе и геометрическим размерам. Диэлектрическая проницаемость и проводимость пленки были найдены с помощью плоского конденсатора, содержащего исследуемую пленку. Для нахождения коэффициентов упругости и вязкости пленки измерялась частотная зависимость модуля электрического импеданса резонатора с продольным электрическим полем на основе диска из керамики ЦТБС 3, нагруженного исследуемой пленкой. По этой зависимости методом акустической спектроскопии определялись искомые коэффициенты. Полученные данные в совокупности с заданной проводимостью пленки позволили рассчитать частотную зависимость электрического импеданса резонатора с поперечным электрическим полем из керамики, нагруженного исследуемой пленкой. Были построены зависимости частоты параллельного резонанса и значения реальной части импеданса на этой частоте от проводимости пленки при различных значениях толщины. Оказалось, что с ростом проводимости пленки частота параллельного резонанса незначительно увеличивается. При этом максимальное значение электрического импеданса существенно уменьшается. С ростом толщины пленки оба параметра уменьшаются. Были также измерены частотные зависимости электрического импеданса резонатора с поперечным электрическим полем с различными пленками, которые оказались в хорошем соответствии с теорией.

21.01-01.130 Рассеяние оптоакустических сигналов на моделях эритроцитов в потоке жидкости с контрастными наноагентами. Кравчук Д.А., Старченко И.Б., Орда-Жигулина Д.В., Воронина К.А. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 305-308. Рус.

Оптоакустика является перспективным направлением в неинвазивных исследованиях внутренних тканей биообъектов. Цель данного исследования состоит в исследованиях возможностей оптоакустического метода по определению свойств эритроцитов крови и их количественному содержанию в крови. Проведено математическое моделирование эритроцитов различной формы и разработаны теоретические модели рассеянных оптоакустических сигналов. Проведены экспериментальные исследования формирования оптоакустического сигнала в жидкостях, содержащих модели эритроцитов в виде полистирольных сфер и дисков. В качестве контрастных агентов использованы углеродные наночастицы, иммобилизованные к моделям эритроцитов. Полученные профили акустических сигналов для серий лазерных импульсов позволяют сделать вывод о возможности оценок качественного и количественного состава эритроцитов в облучаемой лазером жидкости.

21.01-01.131 Пороги акустической атомизации коагулированной крови в импульсных ультразвуковых пучках с различными углами фокусировки. Пономарчук Е.М., Хохлова В.А., Сапожников О.А., Хантер К., Хохлова Т.Д. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 326-331. Рус.

Экспериментально исследован характер разрушения коагулированной говяжьей крови под воздействием фокусированного ультразвука высокой интенсивности в режиме гистотрипсии с кипением. Образец коагулированной крови кубической формы погружался в воду так, что его верхняя поверхность была выше уровня воды, т. е. граничила с воздухом. Расположенный под образцом пьезоэлектрический излучатель создавал направленный вверх ультразвуковой пучок. Использовались три различных излучателя с одинаковыми диаметрами, но различными

улами фокусировки. Показано, что при приближении фокуса к воздушной границе, начиная с некоторого расстояния, на ней возникало растущее по площади поверхностное разрушение. С увеличением угла фокусировки уменьшалась как площадь указанного разрушения, так и критическое расстояние между фокусом и границей, при котором достигался порог разрушения.

21.01-01.132 Определение и компенсация перекоса осей трёхкоординатных систем позиционирования с помощью метода акустической голографии. *Николаев Д.А., Цысарь С.А., Сапожников О.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 436-443. Рус.*

При экспериментальном исследовании акустических полей удобно определять их пространственную структуру путем применения метода синтезированной апертуры при сканировании поля приёмником с помощью управляемой системы позиционирования с двумя и более степенями свободы. На практике при механической сборке и последующей эксплуатации таких систем перпендикулярность механических осей может нарушаться, что может приводить к заметным ошибкам при определении структуры поля. В работе предложен новый прецизионный способ определения углов между механическими осями и коррекции вносимых ими ошибок с помощью метода акустической голографии.

21.01-01.133 Модификация схемы обработки данных фазового интерферометрического акустического датчика. *Плотников М.Ю., Дейнека И.Г., Шарков И.А. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. 12, № 5, с. 20-25. Рус.*

Представлены результаты разработки цифровой схемы высокоскоростной записи данных на micro SD-карту памяти с блока электронной обработки сигналов волоконно-оптического акустического датчика интерферометрического типа на базе программируемой логической интегральной схемы с использованием программной среды разработки Xilinx ISE. Приводятся результаты эксперимента, подтверждающие работоспособность предложенной схемы при скорости записи данных 141 000 бит/с.

21.01-01.134 Обнаружение ультразвуковых воздействий с применением волоконных решеток Брэгга. *Власов А.А., Алейник А.С., Шужлин Ф.А., Никитенко А.Н., Моторин Е.А., Киреенков А.Ю. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. 19, № 5, с. 809-817. Рус.*

Предмет исследования. Представлены результаты экспериментального исследования возможности применения одиночных волоконных брэгговских решеток в качестве чувствительных элементов для обнаружения ультразвуковых воздействий в газообразных или жидких средах, а также при размещении волоконных брэгговских решеток в различных материалах и конструкциях с целью мониторинга их состояния. Метод. Ультразвуковое воздействие с основной частотой 65 кГц оказывалось поочередно на два чувствительных элемента на основе двух волоконных брэгговских решеток с различающимися параметрами — физической длиной решетки, коэффициентом отражения и крутизной наклона линейного участка спектральной характеристики. Произведен сравнительный анализ полученных данных с данными от опорного пьезоэлектрического ультразвукового датчика. Оценка результатов производилась в частотной области до 200 кГц, исследовались три первые гармоники сигнала — 65, 130 и 195 кГц. Оценивались соотношение сигнал-шум для каждого чувствительного элемента, а также отношения значений сигналов, полученных с различных чувствительных элементов. Основные результаты. Создана измерительная установка на основе малогабаритного перестраиваемого вертикально излучающего лазерного диода и программируемой логической интегральной схемы. Показано, что одиночные волоконные брэгговские решетки пригодны для построения чувствительных элементов ультразвуковых датчиков и обладают сопоставимыми с пьезоэлектрическими датчиками значениями чувствительности и динамического диапазона. Проведена теоретическая оценка диапазона детектируемых частот и

оценка влияния параметров брэгговской решетки на чувствительность датчика к ультразвуковому воздействию. Отношения сигналов, измеренных брэгговской решеткой с крутизной наклона спектральной характеристики 142 1/нм и коэффициентом отражения 100%, к сигналам от решетки с наклоном 44 1/нм и отражением 40% — 5,8, 3,8, 7,1 для 65, 130 и 195 кГц соответственно. Отношения сигналов, измеренных опорным пьезоэлектрическим датчиком, к сигналам, измеренным брэгговской решеткой с крутизной наклона спектральной характеристики 142 1/нм и коэффициентом отражения 100% — 3,8, 6,2, 7,7 для 65, 130 и 195 кГц соответственно.

21.01-01.135 Теория генерации основной гармоники нелинейного фотоакустического отклика двухслойных полупрозрачных образцов. *Салимов Т.Х., Ходжаев Ю.П. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2015, № 4, с. 75-87. Рус.*

Предложена теория генерации основной гармоники нелинейного ФА-сигнала в полупрозрачных двухслойных твердотельных образцах. Получено общее выражение для акустического колебания давления в газовой среде. Найдены выражения для амплитуды и фазы этого сигнала для наиболее интересных случаев и установлена зависимость этих величин от частоты модуляции падающего луча.

21.01-01.136 Особенности возбуждения основной гармоники нелинейного фотоакустического отклика в оптически неоднородных твердотельных образцах. *Салимов Т.Х., МахмалатиФ А., Ходжаев Ю.П. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2017, № 1, с. 58-69. Рус.*

Предложена теория генерации основной гармоники нелинейного ФА-сигнала в оптически неоднородных образцах. Для наиболее интересных случаев установлены зависимости амплитуды и фазы этого сигнала от частоты модуляции падающего луча и термических коэффициентов теплофизических величин всех слоев, степени черноты и оптического коэффициента поглощения.

21.01-01.137 Особенности генерации основной гармоники нелинейного фотоакустического отклика в оптически неоднородных двухслойных образцах. *Салимов Т.Х., МахмалатиФ А., Ходжаев Ю.П. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2017, № 2, с. 74-87. Рус.*

Предложена теория возбуждения основной гармоники нелинейного ФА-сигнала в оптически неоднородных двухслойных твердотельных системах. Для ряда случаев, реализующих в ФА-эксперименте, получены выражения, описывающие зависимости амплитуды и фазы этого сигнала от термических коэффициентов теплофизических и оптических параметров, включая оптический коэффициент поглощения, а также от частоты модуляции падающего луча.

См. также **21.01-01.67**

Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

21.01-01.138 Исследование процесса излучения звука в жидкую среду термоакустическими источниками. *Васильев Б.П., Пугачев С.И., Разрезова К.В., Чижов Г.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 12-16. Рус.*

Термоакустические источники звука — термофоны относятся к классу широкополосных нерезонансных безынерционных источников звука. Применение пленочных термофонов открывают широкие возможности их практического использования для решения задач физической и технической акустики. В основу работы термофона положен термоакустический эффект. Излучение звуковой волны от твердой поверхности с периодически колеблющейся температурой происходит за счет возник-

новения в пристеночном слое жидкости неоднородной тепловой волны. Проведен анализ условий формирования неоднородной тепловой волны вблизи поверхности твердого тела и генерации звука с удвоенной частотой. Основным направлением исследования является возможность использования термофонов в качестве излучателей звука в жидкую среду. В работе показано, что при излучении в жидкость возникают две волны давления от двух границ раздела активного элемента. Причем излучение от нижней границы (подложки) может значительно превышать излучение от верхней границы с жидкостью. Для проведения гидроакустических измерений в жидких средах необходимо разрабатывать специальные термофоны, гидроизолированные от проводящей жидкости, используя различные иммерсионные жидкости. В природе существует множество жидких диэлектриков. Это позволяет за счет подбора физических параметров регулировать интенсивность излучения звука термофоном.

21.01-01.139 Исследования взаимодействия акустической добавки к температуре среды со сферической полостью, взвешенной в жидкости. *Легуша Ф.Ф., Маслов В.Л., Попов Ю.Н., Чижов В.Ю. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 39-44. Рус.

Вследуются процессы, возникающие при взаимодействии плоской звуковой волны, распространяющейся в безграничной вязкой и теплопроводной жидкости, в которой имеется неподвижная сферическая полость, заполненная газом. Предполагается, что полость имеет малые волновые размеры $k_1 R < 1$, где k_1 — волновое число в жидкости, R — радиус сферы. Кроме того, в объеме полости выполняется дополнительное условие $2\delta_{T2} \ll R$, где δ_{T2} — толщина акустического пограничного слоя в газе. На высоких частотах в результате взаимодействия с поверхностью полости акустической добавки к температуре среды в объеме полости наблюдаются явления: диссипация акустической энергии за счёт возбуждения в газе, заполняющем сферу, сильно затухающей неоднородной тепловой волны; возбуждение в полости вторичной сходящейся сферической звуковой волны; возбуждение колебаний в объеме сферы и, как следствие этого, переизлучения сферической звуковой волны в окружающую среду. На низких частотах наблюдается дополнительный диссипативный процесс, возникающий за счёт теплообмена между звуковой волной и полостью, заполненной газами, имеющими конечное значение теплопроводности.

21.01-01.140 Механизм дополнительного излучения звука при взаимодействии бегущей звуковой волны с границей жидкость—газ. *Легуша Ф.Ф., Никущенко Д.В., Попов Ю.Н., Рытов Е.Ю. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 45-49. Рус.

Представлена задача о взаимодействии плоской звуковой волны, распространяющейся в жидкости, с бесконечной поверхностью, контактирующей с газообразной средой. Решение задачи получено с учётом акустической добавки к температуре среды. Показано, что в случае контакта вязких и теплопроводных сред возникает дополнительное излучение звука в газообразную среду. Это является следствием того, что при взаимодействии звуковой волны с поверхностью, на ней возникает переменное температурное поле, возбуждающее в газе неоднородную тепловую волну, которая за счёт термоакустического эффекта генерирует в газ вторичную звуковую волну. Амплитуда колебательной скорости вторичной волны u_{2T} растёт пропорционально \sqrt{f} , где f — частота волны. В результате чего акустическая прозрачность поверхности жидкости увеличивается с ростом частоты. На частотах $f > 1,0$ кГц уровень вторичного излучения на 40 дБ превышает уровень акустического поля, создаваемого прошедшей волной. На частотах $f < 5,0$ кГц уровень вторичного излучения на 20 дБ ниже уровня звуковой волны, падающей на границу раздела сред. Уровни дополнительного излучения достаточны для экспериментального обнаружения вторичных волн.

21.01-01.141 Влияние ультразвукового воздействия на температурную зависимость вязкости масел. *Марфин Е.А., Абдрашитов А.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 163-170. Рус.

Работа посвящена изучению воздействия упругими колебаниями на вязкие жидкости. Исследовано влияние ультразвукового воздействия на вязкость минерального масла с различным содержанием парафина и битума. Сравнивались значения вязкости обработанного ультразвуком и необработанного флюида при одинаковых температурах. Воздействие осуществлялось на частоте 22 кГц с различной продолжительностью во времени. Экспериментальные исследования проводились с использованием вибрационного вискозиметра SV 10. Наибольший эффект снижения вязкости наблюдался при 25% содержании битума. Продолжительные непрерывные измерения на вибрационном вискозиметре выявили, что после прекращения воздействия вязкость жидкостей восстанавливается и в некоторых случаях становится выше первоначальных значений. Полученные результаты могут быть использованы при выборе режимов акустического воздействия на нефть для более эффективного снижения затрат на ее добычу и транспортировку.

21.01-01.142 Расчетный анализ экспериментальных данных по аэротермодинамике гиперзвукового аппарата HIFiRE-I. *Суржиков С.Т. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 68-72. Рус.*

Представлены результаты численного моделирования экспериментальных данных по тепловому и силовому воздействию на экспериментальный гиперзвуковой летательный аппарат HIFiRE-1 при скорости полета $M=6.58$ и 7.16 . Расчеты выполнены с использованием авторского компьютерного кода, в котором реализована конечно-разностная технология интегрирования системы усредненных по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса на многоблочных структурированных сетках с использованием двух алгебраических моделей турбулентности. Учет ламинарно-турбулентного перехода и турбулентного характера течения вблизи кормовой юбки летательного аппарата HIFiRE-1 позволил получить хорошее согласие с экспериментальными данными.

См. также **21.01-01.105**

Другие физические эффекты в акустических полях

21.01-01.143 Об акустоэлектрическом преобразователе, основанном на использовании электрокинетических явлений. *Шарфарец Б.П., Курочкин В.Е., Сергеев В.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 454-459. Рус.

Показано, что обратимость двух электрокинетических явлений: электроосмоса и потенциала течения, позволяет использовать один и тот же акустический преобразователь, основанный на наличии в капиллярно-пористых структурах развитого двойного электрического слоя, в режиме излучателя и приемника акустических колебаний. Проанализирована система уравнений Навье—Стокса для случая наличия в пористой структуре приемной антенны стационарного течения, вызванного приложением к приемной антенне постоянного электрического поля (поля накачки). Выявлено, что это течение усиливает отклик приемной антенны а поступающее стороннее акустическое поле. Ключевые слова: электрокинетические явления, электроосмос, потенциал течения, акустический приемник, термодинамика неравновесных процессов, пористые структуры, уравнение Навье—Стокса, скалярный потенциал скорости течения, нелинейность уравнений и чувствительность приемной антенны.

21.01-01.144 Об электроакустическом преобразователе, основанном на использовании электрокинетических явлений. *Шарфарец Б.П., Курочкин В.Е., Сергеев В.А., Дмитриев С.П., Телятник С.Г. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 460-465. Рус.

Предложены физическая и математическая модели для описания механизма функционирования акустического преобразователя нового типа. Приведены необходимые уравнения для

описания акустических полей, вызываемых наличием двойного электрического слоя и приложенного суммарного электрического поля, состоящего из постоянной и переменной составляющей. Уравнения рассматриваются для жидкости в круговом цилиндрическом капилляре применительно к расчету гидродинамики стационарного электроосмотического процесса и гармонического акустического процесса. Теоретически и экспериментально показано, что учет нелинейности стационарного процесса приводит к перекачке энергии постоянного электрического поля в акустическое поле. Полученные результаты справедливы для широкого класса пористых структур.

Химические процессы и фазовые переходы при воздействии ультразвука

21.01-01.145 Особенности процессов плавления и кристаллизации водных растворов диметилсульфоксида в условиях ограниченной геометрии. *Пирозерский А.Л., Смирнова О.И., Недбай А.И., Шевцова О.Д. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 67-72. Рус.*

Методами физической акустики и дифференциальной сканирующей калориметрии исследованы кристаллизация и плавление диметилсульфоксида и его водных растворов в пористых стеклах. Обнаружены размытые фазовых переходов, выраженный температурный гистерезис между ними, и смещение их температурных интервалов в сторону низких температур. Интервалы переходов, определенные указанными методами, существенно различались.

21.01-01.146 Определение реологических свойств глин методом ультразвуковой спектроскопии. *Абрамович А.А., Бурлуцкий С.Б., Недбай А.И., Юша А.М. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 604-608. Рус.*

Глины относятся к упруговязким дисперсным телам, реологические свойства которых имеют важное практическое значение в геологии, строительстве и сейсмологии. Эти свойства, кроме прочего, обусловлены сложной дисперсной структурой глин, в которой содержится вода в свободном и связанном состояниях. В связи с этим в работе проведено исследование скоростей продольных и поперечных упругих волн ультразвукового диапазона в образцах глин в зависимости от их влажности, а также предложена возможная интерпретация полученных результатов на основе молекулярной акустики. Ключевые слова: дисперсные структуры, скорости упругих волн, релаксация.

Ядерный акустический резонанс, магнитный акустический резонанс

См. 21.01-01.118

Источники ультра- и гиперзвука, аппаратура и методы измерений

21.01-01.147 Акустический резонатор с радиальным возбуждающим электрическим полем. *Теплых А.А., Зайцев В.Д., Бородин И.А., Семенов А.П. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 78-82. Рус.*

Представлен новый тип пьезокерамического акустического дискового резонатора с радиальным возбуждающим электрическим полем. Резонатор представляет собой диск из пьезоматериала кристаллографического класса 6mm, на одну сторону которого нанесены два круглых концентрических металлических электрода с зазором между ними. Преимущество такого типа резонаторов заключается в том, что на его характеристики оказывают влияние механические и электрические свойства нагрузки, нанесенной на другую сторону резонатора, при этом характеристики резонатора можно эффективно вычислять при помощи двумерного метода конечных элементов.

Представлена модель свободного резонатора и резонатора, нагруженного пленкой конечной толщины. Рассчитаны характеристики различных мод колебаний для резонаторов из пьезокерамики ЦТБС 3 при различной ширине электродов и зазора между ними.

21.01-01.148 Датчик на основе резонатора с поперечным электрическим полем из пьезокерамики ЦТС для анализа бактериальных клеток в жидкости. *Бородин И.А., Зайцев В.Д., Теплых А.А., Гулий О.И. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 242-245. Рус.*

Разработан датчик для анализа микробных клеток на основе резонатора с поперечным электрическим полем, изготовленный из керамики ЦТС 19. В этом резонаторе поперечная компонента механического смещения, не приводящая к радиационным потерям при контакте с жидкостью, является доминирующей. Измеренные частотные зависимости действительной и мнимой частей электрического импеданса резонатора в диапазоне частот 50–300 кГц показали наличие трех резонансов на частотах 68,7, 97,8 и 264 кГц. Добротность каждого резонанса при контакте с жидкостью была существенно выше добротности резонатора с продольной акустической волной на основе ниобата лития. Показана возможность обнаружения и идентификации микробных клеток путем регистрации их специфического взаимодействия с антителами непосредственно в суспензии с помощью этого датчика.

См. также 21.01-01.129

Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

21.01-01.149 Ультразвуковое технологическое оборудование для обработки агрессивных сред при повышенных температурах и давлении. *Вьюгинова А.А., Лбов А.А., Новик А.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 141-145. Рус.*

Ультразвуковые технологии, основанные на возникновении эффекта кавитации в жидкой среде, широко используются в самых различных областях промышленного производства, позволяя интенсифицировать разнообразные технологические процессы. К конструкционным элементам оборудования и акустическим системам, работающим под непосредственным воздействием мощного ультразвукового излучения и кавитации, всегда предъявляются специальные требования, но еще более сложные условия для работы оборудования и системы управления возникают в случаях, когда необходимо производить ультразвуковую обработку химически агрессивных сред, сред, имеющих высокую температуру и находящихся под давлением — в этих случаях требования к оборудованию серьезно возрастают. В данной работе рассмотрены особенности ультразвукового оборудования, предназначенного для реализации технологических процессов в агрессивных средах в сложных условиях.

21.01-01.150 Влияние ультразвука на структурно-механические свойства высоковязкой нефти. *Елисеев Н.Ю. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 146-152. Рус.*

В последнее время увеличивается количество технологий ультразвуковой обработки добываемых нефтей, однако, механизмы и последствия подобной обработки всё ещё не достаточно исследованы. Объектом изучения была высоковязкая нефть, с содержанием асфальтенов 15–16%. Обработка высоковязкой нефти проводилась в ультразвуковой ванне мощностью 35 Вт, частотой 43–45 кГц, время воздействия варьировалось. В ходе исследований установлено, что воздействие маломощного ультразвукового облучения может быть позитивным, то есть приводить к снижению вязкости обработанной нефти, при достаточно высоких температурах и больших скоростях сдвига. Для каждого конкретного типа нефти, пластовых условий, источника ультразвука существуют свои оптимальные условия об-

работки, обеспечивающее достижение максимального позитивного эффекта. Однако, после обработки нефти ультразвуком наблюдались и негативные последствия (увеличение вязкости, выпадение осадков). Таким образом, ультразвуковые методы воздействия на высоковязкую нефть лучше рассматривать как дополнительные к другим методам обработки.

21.01-01.151 Ультразвуковые аппараты для интенсификации процессов. *Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Барсуков Р.В., Хмелев М.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 191-194. Рус.*

Возможность и производительность различных технологий, основанных на применении ультразвукового воздействия, определяется эффективностью этого воздействия. Реализация многих технологических процессов требует строго дозированного воздействия, поскольку при недостаточном ультразвуковом воздействии процесс слабо интенсифицируется, а при чрезмерном происходит частичное разрушение полезных веществ. Для обеспечения возможности управления процессами осуществляется непрерывный контроль состояния обрабатываемой среды. Контроль реализован за счет измерения электрических параметров пьезоэлектрической ультразвуковой колебательной системы. На основании получаемой информации реализовано согласование электрических параметров ультразвуковой колебательной системы с электронным генератором и управление его выходными параметрами (частотой и амплитудой выходного напряжения) для обеспечения максимальной эффективности процесса.

21.01-01.152 Ультразвуковая коагуляция аэрозолей в стоячей волне. *Хмелев В.Н., Нестеров В.А., Шалунов А.В., Сливин А.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 195-202. Рус.*

Проблема улавливания субмикронных частиц из газа имеет несомненную актуальность. Для улавливания частиц применяется различное газоочистное оборудование, эффективность которого на субмикронных частицах очень низкая. Одним из перспективных направлений повышения эффективности является их предварительная коагуляция в акустических полях. Формирование стоячей волны является наиболее выгодным режимом, позволяющим максимально эффективно использовать энергию ультразвуковых колебаний при коагуляции высокодисперсных частиц. За счет большого градиента акустического давления частицы стремятся в узловые области, расстояние между частицами изменяется на несколько порядков, за счет чего эф-

фективность коагуляции повышается. Установление оптимальных условий ультразвукового воздействия, зависящих от формы технологического объема, обеспечивает высокую эффективность коагуляции.

21.01-01.153 Ультразвуковая сушка капиллярно-пористых материалов. *Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Нестеров В.А., Терентьев С.А., Тертишников П.П. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 203-208. Рус.*

Одним из перспективных способов повышения эффективности процесса сушки и его реализации при пониженных температурах является воздействие ультразвуковыми колебаниями. Однако этот способ не получил широкого распространения ввиду его недостаточной эффективности, обусловленной малым выходом акустической энергии в газовые среды. Для решения этой проблемы разработан новый тип твердотельных излучателей, выполненных в виде изгибно-колеблющихся дисков. Сам процесс сушки предложено осуществлять при резонансных расстояниях между излучателем и высушиваемым материалом. На примере сушки овощей показано, что ультразвуковое воздействие обеспечивает сокращение времени сушки не менее чем в 2 раза при температуре высушиваемых образцов не более 50°C.

21.01-01.154 Коагуляция субмикронных аэрозолей ультразвуковыми колебаниями. *Хмелев В.Н., Шалунов А.В., Нестеров В.А., Гольях Р.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 209-214. Рус.*

Аэрозоли, формирующиеся в атмосфере за счет антропогенного воздействия человека, а также естественных процессов, являются глобальной проблемой. Среди них наибольшую опасность представляют аэрозоли субмикронных частиц. Для удаления взвешенных субмикронных частиц предложено воздействовать на них ультразвуковыми колебаниями в синусоидальном и нелинейном режимах. Установлено, что ударно-волновое воздействие обеспечивает до 20 раз более высокую скорость коагуляции по сравнению с синусоидальным воздействием при одинаковой суммарной энергии воздействия. Причина заключается в нелинейных эффектах, возникающих при ударно-волновом воздействии (изменение площади сечения столкновения, локальное уплотнение среды, взаимная диффузия газа, окружающего частицу, при переходном режиме обтекания между свободномолекулярным и сплошным).

Акустика океана, гидроакустика

См. 21.01-01.1К, 21.01-01.2К, 21.01-01.4К, 21.01-01.10К, 21.01-01.11К, 21.01-01.15К, 21.01-01.17К, 21.01-01.18К

Звук в глубоком море, подводный звуковой канал

21.01-01.155 Звуковое поле в морском волноводе с неоднородной скоростью звука по глубине и трассе. *Папкова Ю.И. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 691-699. Рус.*

При волноводном распространении звука в морской среде одной из основных характеристик является скорость звука. В гидродинамических волноводах скорость звука является главным образом функцией глубины, радиальная координата вносит поправки второго порядка малости. Тем не менее, в ряде случаев возможны существенные изменения характеристик волновода по радиальной координате, например в результате влияния антропогенных факторов, течений и др. В представленной работе строится аналитическое представление для звукового поля точечного источника в плоскостном морском волноводе, имеющем неоднородную скорость звука по глубине и трассе волновода. Модель волновода имеет радиальную симметрию, при

этом источник звука расположен в произвольной точке волновода, что приводит к решению, существенно зависящему от всех трех пространственных координат. Данное решение строится на основе декомпозиции области волновода на цилиндрические области, допускающие построение аналитического решения уравнения Гельмгольца. Показано, что в случае постоянного профиля скорости звука и плотности в каждой из областей декомпозиции волновода решение задачи может быть получено явно. Приводятся результаты численного моделирования, дается анализ влияния неоднородности на характеристики звукового поля. Ключевые слова: трехмерное аналитическое решение, неоднородный гидроакустический волновод, нормальные моды, звуковое поле в морской среде.

См. также 21.01-01.55

Акустика мелкого моря

21.01-01.156 Особенности распространения сейсмоакустического импульса в бухте Витязь. *Манульчев Д.С. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 648-652. Рус.*

Обсуждаются результаты натурных исследований по распространению энергии низкочастотных импульсных акустических сигналов в бухте Витязь (Японское море). Показано, что на трассе длиной 2 км при перепаде глубин с 27 м до 37 м формируется сигнал в виде двух импульсов с соизмеримыми амплитудами и с задержкой 0.2 с, что, по-видимому, связано с наличием накопленного в бухте осадочного слоя. Данное предположение подтверждается численным моделированием путем введения в модельный волновод песочно-илистой подложки как канала распространения энергии импульсного сигнала. Ключевые слова: сейсмоакустика, неоднородные геоакустические волноводы.

21.01-01.157 Оперативный прогноз цунами на основе принципа взаимности. *Королев Ю.П.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 673-677. Рус.

Способ решения задачи оперативного прогноза цунами основан на применении принципа взаимности. Способ использует сейсмологические данные только о времени начала и координатах эпицентра землетрясения. Прогноз выполняется с заблаговременностью и точностью, достаточными для принятия решения и объявления тревоги только в тех пунктах, в которых цунами представляет реальную угрозу. Ключевые слова: акустика, функция Грина, принцип взаимности, длинные волны, цунами, гидрофизические способы прогноза, оперативный прогноз, глубоководные станции измерения уровня океана, ложные тревоги.

21.01-01.158 Программная модель подводного робототехнического комплекса. *Чемоданов М.Н.* Морской вестник. 2012, № 1S, с. 19-20. Рус.

Рассмотрена разрабатываемая программная модель подводного робототехнического комплекса. В модели акцентировано внимание на гидроакустическое взаимодействие объектов со средой и с другими объектами. Используются блоковая модель отражения звуковых волн, лучевая модель распространения звуковых волн и обработка сигналов как во временной, так и в спектральной области.

Взаимодействие звука с внутренними волнами и течениями

21.01-01.159 Частотно-временная структура звукового поля при наличии интенсивных внутренних волн на океаническом шельфе. *Vadiy M., Казначеева Е.С., Кузькин В.М., Мальжин А.Ю., Пересёлков С.А.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 669-672. Рус.

Приведены результаты интерферометрической обработки эксперимента SWARM-95, когда на стационарной трассе интенсивные внутренние волны приводили к горизонтальной рефракции и взаимодействию мод поля источника. Реконструированы передаточная функция невозмущенного волновода и временная изменчивость океанической среды. Ключевые слова: частотно-временная структура звукового поля, временная изменчивость океанической среды, горизонтальная рефракция.

21.01-01.160 Измерительные возможности интерферометрического метода локализации звукового источника в океане. *Кузькин В.М., Пересёлков С.А., Казначеев И.В., Ткаченко С.А.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 682-685. Рус.

Предложены два варианта интерферометрической обработки, не требующие знания характеристик среды распространения для определения параметров шумового источника. Они решают проблему идентификации источника в акваториях, в которых невозможно проведение акустической калибровки. Получена оценка максимальной дальности применимости обработки. Приведены результаты численного эксперимента по апробации адаптивных алгоритмов локализации источников звука. Ключевые слова: гидроакустика, локализация звукового источника, интерференционные методы.

Статистическая гидроакустика

См. **21.01-01.35**

Лучевое распространение звука в океане

См. **21.01-01.160**

Гибридные и асимптотические теории

См. **21.01-01.155**

Объемное рассеяние

См. **21.01-01.44**

Рассеяние на шероховатой поверхности

См. **21.01-01.44**

Подводные приложения нелинейной акустики, взрывы

См. **21.01-01.101**

Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

21.01-01.161 3D численное моделирование объемной и поверхностной волны, возбуждаемых в плавно стратифицированной осадочной донной толще. *Заславский Ю.М., Заславский В.Ю.* Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 627-630. Рус.

На основе применения метода конечных элементов выполнено 3D численное моделирование распространения донных сейсмических и гидроакустических волн, излучаемых монополю (видеоимпульсы) в прибрежной акватории с учетом особенностей, обусловленных присутствием рыхлых донных морских осадков. Показано, что в структуре с плавной стратификацией донной толщи по упругим параметрам возбуждается гидроакустическая волна, а также дублет (волна Рэлея—Шолте). Ключевые слова: гидроакустическая, донная поверхностная волна, шельф, акватория, плавная стратификация дна, монополь.

21.01-01.162 Влияние стационарных периодических волновых структур на локальную прочность ледяного поля. *Епифанов В.П., Сазонов К.Е.* Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1, с. 18-25. Рус.

Исследуется влияние нелинейных волновых структур на локальную твердость ледяного поля динамического типа формирования. Волновые структуры формируются при интерференции изгибно-гравитационных и продольных волн. Источником колебаний является когерентное излучение в самом льде. Различие локальных твердостей льда в узлах и пучностях стоячих волн (до 60%) объяснено динамическим метаморфизмом льда. Зависимости локальной твердости льда от координат в продольных и поперечных профилях ледяного поля имеют вид периодических кривых. Выделены масштабы текстур и построена фазовая поверхность волновых структур, которая не является монокромной и отражает пространственную неоднородность прочностных свойств ледяного поля. Эффект волнового воздействия зависит от условий на границе контакта льда со стенками бассейна. Количественно определено влияние волновых структур на прочностные свойства ледяного поля как одного из возможных факторов пространственной изменчивости свойств льда в условиях залегания.

См. также **21.01-01.155**

Подводные шумы, механизмы генерации и характеристики полей

21.01-01.163 Синтез планарных разреженных антенных решеток для обнаружения и пеленгации. *Родионов А.А., Савельев Н.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 450-453. Рус.

Исследованы возможности неэквилидистантных разреженных планарных антенных решеток (АР) для решения задач обнаружения и оценки параметров источников. Для синтеза неэквилидистантных АР с желаемыми характеристиками применен предложенный ранее для линейных АР метод, основанный на случайных бросаниях положений элементов при фиксации среднего межэлементного расстояния. Показано, что этот метод позволяет успешно синтезировать и планарные разреженные антенны, для которых при незначительном увеличении отношения «сигнал-шум», характеристики обнаружения сохраняются такими же, что и для эквидистантной антенны. Для количественного описания возможностей планарной разреженной антенной решетки в работе используется ранее предложенная характеристика — вероятность аномальной ошибки и указана методика её расчёта.

См. также 21.01-01.81

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

21.01-01.164 Метод синтеза нечеткой модели движения малогабаритного подводного транспортного средства. *Сиек Ю.Л., Сакович С.Ю. Морской вестник. 2013, № 1S, с. 64-66. Рус.*

Рассмотрен метод формирования нечеткой линейной модели движения малогабаритного подводного транспортного средства с учетом неточности и неопределенности используемого информационного обеспечения. Предложен подход, ориентированный на применение принципа сложности и нечеткой логики. Приведены результаты имитационного моделирования управляемого движения транспортного средства. Ключевые слова: волновое уравнение, граничное интегральное уравнение, сферическая акустическая волна, плоская акустическая волна.

Акустика глобальных масштабов, термометрия и дальняя подводная связь

21.01-01.165 Термодинамика газового потока при заполнении и опорожнении сосудов. *Алексеев Ю.В., Павловский В.А., Власьев М.В. Морской вестник. 2012, № 1S, с. 17-18. Рус.*

Представлена приближенная математическая модель термодинамики процессов заполнения и опорожнения сосудов газами. Учтены особенности различных режимов истечения, приведены расчетные соотношения для вычисления скоростей истечения и массовых расходов. Ключевые слова: подводная робототехника, программная модель, гидроакустическое взаимодействие, имитационная модель.

См. также 21.01-01.138, 21.01-01.160

Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

21.01-01.166 Экспериментальный морской полигон для гидроакустических и океанологических работ у мыса Сухумский в Черном море. *Дбар Р.С., Вибиков Н.Г., Елистратов В.П., Есинов И.Б., Кенигсбергер Г.В., Серебряный А.Н., Попов О.Е. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 709-716. Рус.

Обсуждаются уникальные свойства морского полигона института экологии академии наук Абхазии на мысе Сухумский и его возможности для проведения гидроакустических и океанологических работ. Представлен обзор исследований по програм-

ме РФФИ—Абхазия за последние годы: акустическая диагностика и мониторинг параметров морской среды в шельфовой зоне абхазской акватории Черного моря, исследование динамики вод прибрежной и шельфовой зон, морские испытания мощной параметрической антенны для гидрофизических исследований, многочастотный метод зондирования морских течений, исследование 3D распространения акустических сигналов в прибрежном клине. Обсуждаются также возможности применения современных методов изучения взаимодействия океана и атмосферы на Сухумском полигоне. Ключевые слова: морской полигон, гидрофизические и акустические измерения, гидроакустический автогенератор, горизонтальная рефракция, азимуты и углы скольжения, флюктуации углов прихода сигнала.

21.01-01.167 Автоматизация управления гидроакустической защитой подводных лодок. На выставке "Канаты, тросы, цепи: производство и поставка". *Коржэ И.Г., Полищук П.В., Тарасюк Ю.Ф. Морской вестник. 2004, № 1, с. https://www.morvest.ru/catalogue_1-04.html. Рус.*

21.01-01.168 Динамика и планирование маршрутов подводных глайдеров. *Кожемьякин И.В., Рожественский К.В., Рыжов В.А., Смольников А.В., Татаренко Е.И. Морской вестник. 2013, № 1S, с. 106-111. Рус.*

На основе анализа литературы рассмотрены некоторые вопросы моделирования динамики, подходы к проектированию систем управления подводных глайдеров (ПГ), а также проблема планирования и реализации маршрутов одиночных и сгруппированных ПГ. Кроме того, проанализирована гидродинамика этих аппаратов и возможность применения некоторых акустических и магнитометрических систем.

См. также 21.01-01.29, 21.01-01.164

Гидроакустические преобразователи и антенны

21.01-01.169 Стержневые армированные пьезопреобразователи гидроакустических комплексов и систем МПО. *Стырикович И.И. Труды 9 Всероссийской конференции "Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики". СПбНЦ РАН, 27–29 мая 2008 г.* СПб.: Наука. Ленинградское отд. 2008, с. 229-232. Рус.

Изобретение относится к области гидроакустики, а именно к конструкциям малогабаритных стержневых армированных пьезокерамических преобразователей, предназначенных для работы в составе многоэлементных антенн гидроакустических приемозлучающих систем, например, для морского подводного оружия. Гидроакустический преобразователь содержит стержневой блок пьезокерамических элементов, тыльную и переднюю накладки, силовой массивный крепежный опорный элемент, соединенный с этими накладками, причем передняя накладка соединена посредством стержневого элемента, проходящего с зазором внутри цилиндрической части тыльной накладки, а тыльная накладка соединена посредством упругого пружинного конического кольцевого элемента, в зазоры над и под упругим пружинным коническим кольцевым элементом введены вязкоупругие элементы из акустически мягкого материала. Техническим результатом является обеспечение эффективного излучения, снижение воздействия гидростатического давления на пьезокерамический блок элементов и снижение чувствительности к корпусным вибрациям в режиме приема.

21.01-01.170 Мощные генераторы широкополосных сигналов для испытаний гидроакустических излучающих антенн. *Александров В.А., Буянов А.П., Казаков Ю.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 444-449. Рус.

Рассмотрена задача проектирования специализированного усилительного оборудования для испытаний передающих гидроакустических антенн звукового и ультразвукового диапазонов частот. Обоснованы преимущества применения ключевых усилителей мощности с широтно-импульсной модуляцией, обладающих уменьшенными потерями энергии и сниженными га-

баритными размерами в условиях работы на электрический импеданс гидроакустических преобразователей. Показана целесообразность проектирования ключевых усилителей мощности с многоканальной широтно-импульсной модуляцией для увеличения выходной мощности и улучшения показателей качества усиливаемых сигналов. Представлены результаты проектирования и экспериментальной отработки широкополосных усилителей мощности для испытаний гидроакустических преобразователей различного типа.

21.01-01.171 Автономная донная акустическая станция со скалярно-векторным приемником «Краб-19». Ковзель Д.Г., Борисов С.В., Гриценко В.А., Медведев И.В., Нечаяков В.Е. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 631-634. Рус.

Модуль датчиков автономной донной станции «Краб-19» содержит 3-осевой электромагнитный приемник колебательной скорости MiniSeisMonitor производства Geospace Technologies, 6-осевой модуль ориентации НМС6343 от Honeywell и приемник акустического давления. Натурные измерения с применением «Краб-19» используются для изучения полей колебательной скорости, формируемых сейсмозвездочными источниками на шельфе. Это важно для оценки возможного антропогенного воздействия на виды рыб, встречающихся в районах проведения сейсмозвездочных работ, поскольку известно, что ихтиофауна более чувствительна к колебательной скорости, чем к давлению. Ключевые слова: геоакустика, сейсмозвездка, скалярно-векторные приемники, акустические измерения.

21.01-01.172 Моделирование характеристик направленности гидрооптического приемника акустических колебаний. Демин А.В., Журенков А.Г., Яковлев В.А., Буданов С.П. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2004. 4, № 3, с. 210-213. Рус.

Определение областей гидроакустики, в которых целесообразно применение оптических приемных элементов, требует выполнения ряда исследований, направленных на разработку принципов их построения и оптимизацию параметров. В работе приводятся результаты анализа характеристик направленности теневых оптико-акустических приемных элементов.

21.01-01.173 Модель оптической трассы для регистраторов гидроакустических волн с учетом турбулентности и взвеси. Демин А.В., Журенков А.Г., Яковлев В.А. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2004. 4, № 3, с. 214-218. Рус.

Потенциальные возможности гидроакустических средств в значительной степени определяются характеристиками антенн и, в частности, их приемных элементов. По мере расширения перечня задач, решаемых гидроакустическими средствами, и повышения требований к качеству их решения растут требования и к приемным элементам гидроакустических антенн.

21.01-01.174 Моделирование и экспериментальное исследование чувствительного элемента волоконно-оптического гидрофона. Ефимова М.Е., Плотникова М.Ю., Куликова А.В. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2014. 14, № 5, с. 158-163. Рус.

Предложена модель волоконно-оптического чувствительного элемента гидрофона. Конструкция гидрофона содержит податливый сердечник из полимерного материала с регламентированными упругими свойствами, на который намотано оптическое волокно. При моделировании использован встроенный модуль среды Comsol Multiphysics — Acoustic Solid Interaction, позволяющий оценить воздействие акустического поля различной частоты и амплитуды на величину деформации поверхности чувствительного элемента. Предложенная модель позволяет имитировать работу гидрофона в различных средах, материалы и размеры чувствительного элемента выбираются на этапе проектирования с целью обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик — частотной характеристики и чувствительности волоконно-оптического гидрофона. Правильность построения модели проверена сопоставлением результатов компьютерного моделирования и экспериментального ис-

следования макета в акустическом бассейне. Макет представлял собой волоконный фазовый интерферометрический гидрофон на брэгговских решетках. Чувствительный элемент выполнен в виде цилиндрического сердечника, на который намотано оптическое волокно. Характеристики сердечника: показатель затухания материала (damping) — 0,1, модуль Юнга сердечника — 6 МПа, коэффициент Пуассона — 0,49. Макет испытан в экспериментальном бассейне, конструкция которого позволяет проводить измерения на частотах выше 3000 Гц при отсутствии переотражений акустического сигнала. Оценка воздействия акустического поля проведена с помощью аттестованного пьезоэлектрического гидрофона: амплитуда акустического поля плоской волны 0,5 и 1 Па, частоты акустического воздействия 3000—8000 Гц. Согласно полученным результатам, чувствительность изготовленного макета составила 0,1 рад/Па на частоте 3000 Гц. Исследования показали, что чувствительность моделируемого волоконнооптического гидрофона будет уменьшаться с ростом частоты гидроакустического воздействия. На частоте 8000 Гц чувствительность снижается до 0,01 рад/Па. Результаты макетных испытаний подтвердили адекватность компьютерной модели, что дает возможность рекомендовать предложенную модель при разработке и исследовании волоконно-оптических гидрофонов.

См. также **21.01-01.55, 21.01-01.56, 21.01-01.76, 21.01-01.100, 21.01-01.163**

Подводные измерения и калибровка аппаратуры

21.01-01.175 Калибровка источника звука в бассейне с отражающими границами с применением метода эквивалентных источников. Вировлянский А.Л., Казарова А.Ю., Любавин Л.Я. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 400-404. Рус.

Обсуждается реконструкция диаграммы направленности источника звука в свободном пространстве по измерениям поля, возбуждаемого этим источником в бассейне. Процедура реконструкции базируется на использовании эталонного акустического монополя. Поле калибруемого источника сопоставляется с полями, излученными моноподем из нескольких специально выбранных точек бассейна. Сигналы источника и эталонного монополя регистрируются одними и теми же приемниками. На основе этих измерений поле источника в бассейне аппроксимируется суперпозицией полей акустических монополей. Сформулированы условия, при которых поле источника в свободном пространстве можно представить в виде суперпозиции полей тех же монополей. Это позволяет вычислить диаграмму направленности калибруемого источника в свободном пространстве. Работоспособность метода подтверждена результатами конечно-элементного моделирования.

21.01-01.176 Моделирование натуральных условий при воспроизведении и передаче единицы звукового давления. Исаев А.Е., Черников И.В. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 405-409. Рус.

Рассматриваются особенности калибровки гидрофонов в диапазоне температур от 0,5 до 35°C при избыточных статических давлениях до 60 МПа. Рассмотрен состав, принципы функционирования, и метрологические характеристики измерительной установки для калибровки глубоководных гидрофонов в условиях, приближенных к условиям применения. Проведён анализ источников погрешности. Представлены экспериментально полученные частотные характеристики чувствительности гидрофонов в зависимости от избыточного статического давления и температуры.

21.01-01.177 Экспериментальное подтверждение корректности калибровки векторного приёмника по полю в реверберационном звуковом поле бассейна. Исеев А.Е., Матвеев А.Н. *Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 410-414. Рус.

Обсуждаются результаты эксперимента, подтверждающего корректность калибровки векторного приёмника в реверберационном звуковом поле незаглушенного бассейна при излучении непрерывных сигналов с распределённой по частоте мощностью. В ходе эксперимента в прямую волну излучателя вносили «эталонные» искажения и убеждались, что параметры искажения, измеренные с использованием векторного приёмника в реверберационном звуковом поле, совпадают с предсказанными. В качестве «эталонных» искажений использовали звуковую волну, отражённую от границы раздела вода—воздух.

21.01-01.178 Математическое моделирование систем технического диагностирования судовых гидроакустических комплексов TRANSAS, или современные российские технологии обеспечения безопасности для транспорта. *Дайнеко С.Г. Морской вестник.* 2003, № 3, с. https://www.morvest.ru/catalogue_3-03.html. Рус.

21.01-01.179 Сравнительный анализ точностных характеристик гидроакустических измерителей скорости звука. *Бабий В.И. Морской вестник.* 2003, № 4, с. https://www.morvest.ru/catalogue_4-03.html. Рус.

21.01-01.180 Корреляционные свойства поля скорости морской турбулентности, используемые в виброзащитных системах гидрофизических преобразователей для подвижных носителей аппаратуры. *Федотов Г.А. Морской вестник.* 2007, № 3S, с. 53-55. Рус.

21.01-01.181 Алгоритмы формирования интеграль-

ной системы САД/САМ с обеспечением гидродинамических и акустических требований в обводах подводных объектов при проектировании и на производстве. *Векслер В.Я. Морской вестник.* 2007, № 4S, с. 47-52. Рус.

Предлагается подход к решению проблемы повышения качества и сокращения сроков всего комплекса проектно-производственных работ, связанных с разработкой дизайна обводов и технологией корпусного производства подводных объектов путем формирования алгоритма интегральной системы САД/САМ. При этом предусмотрено применение современных компьютерных технологий и одновременно создание условий для обеспечения в обводах гидродинамических и акустических требований, основанных на опыте научных исследований и натурных испытаний.

См. также **21.01-01.29, 21.01-01.166**

Компьютерное моделирование в гидрофизике и гидроакустике

См. **21.01-01.34, 21.01-01.158, 21.01-01.174**

Лабораторное экспериментальное моделирование

См. **21.01-01.175**

Атмосферная и аэроакустика

Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

21.01-01.182 Дальнее распространение инфразвуковых волн в атмосфере с анизотропными неоднородностями. *Куличков С.Н., Чунчужов И.П., Попов О.Е., Перепелкин В.Г. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 686-690. Рус.

Излагаются теоретические и экспериментальные результаты исследования распространения инфразвуковых волн (частоты ниже 20 Гц) в реальной атмосфере с присущими ей мезомасштабными флуктуациями скорости ветра и температуры с периодами от 1 мин до нескольких часов. Объясняются наблюдаемые в экспериментах эффекты, которые оказывают мезомасштабные флуктуации на параметры инфразвуковых волн, распространяющихся в разных слоях атмосферы: стратосфере, мезосфере и нижней термосфере. С помощью метода инфразвукового зондирования атмосферы восстановлены мгновенные вертикальные профили скорости ветра в стратосфере и нижней термосфере. Получены новые данные о временной изменчивости, вертикальных спектрах и когерентности анизотропных флуктуаций скорости ветра на высотах верхней стратосферы (30—50 км) и нижней термосферы (90—140 км). Ключевые слова: геоакустика, атмосферная акустика, распространения инфразвуковых волн, инфразвуковое зондирование атмосферы.

21.01-01.183 Моделирование распространения и рассеяния инфразвуковых сигналов в атмосфере. *Чунчужов И.П., Куличков С.Н., Перепелкин В.Г., Попов О.Е., Варданян А.А., Айвазян Г.Е. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 700-703. Рус.

Исследуется возможность физического моделирования рассеяния инфразвуковых сигналов, генерируемых импульсными источниками инфразвука (взрывы, вулканы), на слоистых неоднородностях скорости ветра и температуры в стратосфере и нижней термосфере, путем изучения рассеяния акустических импульсов, излучаемых детонационным генератором, на тонкой слоистой структуре устойчиво-стратифицированного АПС. Проводится сравнение изменения формы инфразвуковых сиг-

налов в тропосферном волноводе с ростом расстояния от наземных взрывов средней мощности (20—70 т ТНТ) с изменением формы волны Лэмба, генерируемой ядерными взрывами. Ключевые слова: геоакустика, атмосферная акустика, рассеяние акустических импульсов, инфразвук.

См. также **21.01-01.104**

Аэро-термо-акустика и акустика горения

21.01-01.184 Осцилляции между регулярным и хаотическим режимами движения в фазовом пространстве акустической эмиссии ОСВС. *Климчук Е.Г., Паразонский А.Л. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 120-127. Рус.

Акустическая эмиссия органического самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (ОСВС) рассматривается в качестве открытой динамической системы. Фазовое пространство управляющего параметра (интенсивность звука) ОСВС отражает эволюцию системы во времени: механизм твердофазного горения и формирование конденсированных продуктов. Анализ метрической энтропии акустических аттракторов ОСВС выявляет осциллирующий характер переходных процессов в системе: от регулярных к хаотическим и обратно. Автокорреляционные функции последовательных стадий ОСВС демонстрируют осциллирующий периодический характер. Наименьший период этих осцилляций отражает, по-видимому, минимальный размер перколяционного «акустогенного» кластера, коррелирующий с характерным гетерогенным размером смеси.

См. также **21.01-01.142**

Ударные и взрывные волны, звуковой удар

21.01-01.185 Интерференция встречных скачков уплотнения. *Булат П.В., Демисенко П.В., Прохан Н.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 2, с. 346-355. Рус.

Предмет исследования. Рассматривается взаимодействие встречных скачков уплотнения. Необходимость изучения встречных скачков возникает при проектировании современ-

ных воздухозаборников внутреннего сжатия, рассчитанных на большие числа Маха, прямооточных воздушно-реактивных двигателей с дозвуковым и сверхзвуковым горением, в несимметричных сверхзвуковых соплах и в ряде других случаев. В некотором смысле данная задача является обобщением случая отражения косоугольного скачка от стенки или от плоскости симметрии. С новой силой интерес к данной задаче проявился с конца 90-х годов прошлого столетия. Это было связано со стартом программ изучения полета с гиперзвуковыми скоростями. Первые же эксперименты, проведенные с воздухозаборниками, в которых реализуется взаимодействие встречных скачков уплотнения, показали, что изменение скорости потока сопровождается резкими скачкообразными перестройками ударно-волновой структуры, возникновением нестационарных и колебательных явлений. С увеличением скорости потока эти неприятные для конструкции летательного аппарата явления становились более выраженными. Причина заключается в том, что существует два принципиально различающихся режима взаимодействия встречных скачков: четырехволновой регулярный и пятиволновой нерегулярный. Переход от одного режима к другому может быть нестационарным скачкообразным или плавным, а также может сопровождаться гистерезисом. Основные результаты. Описаны критерии перехода от регулярного отражения встречных скачков к нерегулярному — критерий фон Неймана и критерий стационарной маховской конфигурации. Описаны области, в которых переход от одного типа отражения к другому возможен только скачком, а также области возможного плавного перехода. Представлены зависимости интенсивности отраженных скачков от интенсивности взаимодействующих встречных скачков. Представлены качественные картины ударно-волновых структур, возникающих при взаимодействии встречных скачков уплотнения. Приведены результаты расчетов интенсивности исходящих газодинамических разрывов — интенсивностей, соответствующих переходу от регулярной интерференции к нерегулярной. Выполнены численные расчеты трансформации ударно-волновой структуры в условиях гистерезиса. Результаты сравнены с экспериментом, выполненным методом гидроаналогии. Практическая значимость. Результаты работы дополняют теорию интерференции стационарных газодинамических разрывов и могут быть использованы при проектировании перспективных образцов сверхзвуковых и гиперзвуковых летательных аппаратов.

21.01-01.186 Интерференция скачков уплотнения одного направления. Булат П.В., Денисенко П.В. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 3, с. 500-508. Рус.

Предмет исследования. Рассматривается интерференция скачков уплотнения одного направления или, как их еще называют, догоняющих скачков уплотнения. Цель работы — дать классификацию ударно-волновых структур, возникающих при такого рода взаимодействии ударных волн, и область их существования. В результате пересечения скачков уплотнения одного направления в точке пересечения возникает ударно-волновая структура, содержащая главный скачок уплотнения, тангенциальный разрыв и еще один отраженный газодинамический разрыв, тип которого заранее неизвестен. Задача об определении типа отраженного разрыва — это основная задача, которую приходится решать при изучении интерференции догоняющих скачков. Основные результаты. Представлены качественные картины ударно-волновых структур, возникающих при взаимодействии догоняющих скачков уплотнения. Описаны области, в которых имеет место регулярное и нерегулярное взаимодействие догоняющих скачков. Наибольший интерес представляют характеристические ударно-волновые структуры, в которых отраженный разрыв вырождается в разрывную характеристику. Такие структуры обладают рядом экстремальных свойств. В работе найдены области существования таких ударно-волновых структур. Существуют также области, в которых стационарное решение отсутствует. Последнее определило возрождение интереса к теоретическому изучению рассматриваемой задачи, так как были обнаружены факты внезапного разрушения ударно-волновой структуры внутри воздухозаборника сверхзвуковых летательных аппаратов при больших числах Маха. Практическая значимость. Теория интерференции скачков уплотнения одного направления и методика их расче-

та могут быть применены при проектировании сверхзвуковых воздухозаборников. Актуальным также является исследование возможности использования догоняющих косых ударных волн для создания перескачатой детонации в перспективных детонационных воздушно-реактивных и ракетных двигателях.

21.01-01.187 Монотонизирующая коррекция производных для расчета сверхзвуковых течений со скачками уплотнения. Булат П.В., Волков К.Н. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 4, с. 741-747. Рус.

Предмет исследования. Рассматриваются численные методы решения задач газовой динамики, основанные на точном и приближенном решении задачи о распаде произвольного разрыва (задача Римана). Разработан подход к численному решению уравнений Эйлера, описывающих течения невязкого сжимаемого газа, на основе метода конечных объемов и разностных схем расчета потоков различного порядка точности. В расчетах используются схема Годунова, схема Колгана, схема Рое, схема Хартена и схема Чакраварти—Ошера (порядок разностных схем изменяется от 1-го до 3-го). Сравнение точности и эффективности различных разностных схем демонстрируется на примере расчета течения невязкого сжимаемого газа в сопле Лаваля в случае непрерывного ускорения газа в сопле и в случае наличия соплового скачка уплотнения. Делаются выводы о точности различных разностных схем и затратах времени, необходимых на их реализацию. Основные результаты. Проведен сравнительный анализ разностных схем, предназначенных для интегрирования уравнений Эйлера и основанных на точном и приближенном решении задачи о распаде произвольного разрыва. Результаты расчетов показывают, что монотонизирующая коррекция производных обеспечивает монотонность численного решения в окрестности разрыва. С одной стороны, она предотвращает образование новых экстремумов, обеспечивая свойство монотонности, а с другой, приводит к сглаживанию существующих минимумов и максимумов и к потере точности. Практическая значимость. Разработанный метод численного расчета позволяет выполнять с высокой точностью расчеты течений с сильными нестационарными ударными и детонационными волнами. При этом не возникают нефизические осцилляции решения на фронте ударной волны.

21.01-01.188 Гистерезис интерференции встречных скачков уплотнения при изменении числа Маха. Булат П.В., Денисенко П.В., Продан Н.В., Упырев В.В. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 5, с. 930-941. Рус.

Предмет исследования. Рассматривается интерференция встречных скачков уплотнения, а также отражение косоугольного скачка от стенки. Существует два принципиально различающихся режима взаимодействия встречных скачков: четырехволновой регулярный и пятиволновой нерегулярный. Переход от одного режима к другому может быть нестационарным, скачкообразным или плавным, также он может сопровождаться гистерезисом. Под гистерезисом понимают возможность существования при одних и тех же параметрах интерференции двух различных видов ударно-волновых структур. Реализация того или иного решения зависит от направления и, возможно, скорости изменения параметров. Гистерезис при интерференции встречных скачков и при отражении косоугольного скачка от стенки изучается с середины 1960-х гг., но наиболее активно — в течение последних 20 лет. Это связано, в частности, с разработкой новых типов воздухозаборников внутреннего и смешанного сжатия, предназначенных для больших сверхзвуковых и гиперзвуковых скоростей. Несмотря на активные исследования проблемы, многие вопросы остались невыясненными, в том числе несовпадение результатов вычислительных и физических экспериментов с данными, полученными с помощью аналитической теории интерференции стационарных газодинамических разрывов, а также влияние скорости изменения параметров, точности вычислений, числа узлов разностной сетки. В настоящей работе рассматривается влияние двух факторов: ранга разностной сетки и степени размытия фронта скачков уплотнения. Основные результаты. Как показали аналитические и численные расчеты, размытие скачков и переход от мелкой разностной сетки к более грубой сопровождается сужением обла-

сти гистерезиса, т.е. моменты перехода от регулярного отражения к нерегулярному и обратно удаляются от предсказанных теорией. Измельчение сетки приводит к сходимости решения к результатам теории интерференции стационарных газодинамических разрывов.

21.01-01.189 Несимметричное взаимодействие встречных косых ударных волн. Булат П.В., Денисенко П.В., Упырев В.В. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2015. 15, № 5, с. 942-949. Рус.

Предмет исследования. В работе приведены сведения об интерференции встречных скачков уплотнения, интенсивность и углы наклона к потоку которых различны. Данная задача имеет отношение к проблеме проектирования воздухозаборников с внутренним сжатием, а также детонационных двигателей с горением в стационарной пересжатой детонационной волне. Рассмотрены как регулярная форма интерференции, так и нерегулярная маховская. Приведены расчеты интенсивности отраженных скачков уплотнения для обоих случаев. Как будет показано ниже, имеется возможность получения очень большой разницы в интенсивности отраженных скачков. Основные результаты. Описаны критерии перехода от регулярного отражения встречных скачков к нерегулярному: критерий фон Неймана, а также критерий стационарной маховской конфигурации. Представлены зависимости интенсивности отраженных скачков от интенсивности взаимодействующих встречных скачков как для случая регулярного взаимодействия, так и для нерегулярной интерференции. Продемонстрирован вид зависимости интенсивности одного из отраженных скачков от интенсивности двух входящих скачков как при переходе от регулярного к нерегулярному отражению в соответствии с критерием отсоединения фон Неймана, так и в соответствии с критерием стационарной маховской конфигурации. В первом случае переход сопровождается скачкообразным изменением интенсивности отраженного скачка, во втором случае интенсивность изменяется непрерывным образом. Практическая значимость. Результаты работы дополняют теорию интерференции стационарных газодинамических разрывов и могут быть использованы при проектировании перспективных воздухозаборников внутреннего сжатия сверхзвуковых и гиперзвуковых летательных аппаратов.

21.01-01.190 Произвольное взаимодействие плоских сверхзвуковых потоков. Булат П.В., Волков К.Н. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2015. 15, № 6, с. 1155-1168. Рус.

Предмет исследования. Рассматривается задача Римана о распаде произвольного разрыва параметров при столкновении под некоторым углом двух плоских потоков. Задача решается в точной постановке. К задаче о произвольном взаимодействии двух сверхзвуковых потоков может быть сведено большинство случаев интерференции как стационарных, так и нестационарных газодинамических разрывов, течения за которыми — сверхзвуковые. В зависимости от соотношения параметров в потоках исходящие разрывы могут быть или скачками уплотнения, или волнами разрежения. В некоторых случаях решение может отсутствовать вовсе. Важно уметь находить области существования соответствующих решений, так как вид образующихся ударно-волновых структур в этих областях заранее известен. Задача о распаде разрыва используется в численных методах типа метода Годунова. Обычно применяется приближенное решение, известное как решение Ошера, но в ряде задач, когда требуется высокая точность, необходимо решать эту задачу в точной постановке. Основные результаты. Рассмотрены области существования решений с различными типами ударно-волновой структуры. Аналитически определены границы существования решений с двумя исходящими скачками уплотнения, а также с исходящими скачком и волной разрежения. Выявлена область чисел Маха и углов, под которым взаимодействуют потоки, при которых решение отсутствует. Специфические течения с двумя исходящими волнами разрежения не рассматриваются.

21.01-01.191 Тенденции разработки детонационных двигателей для высокоскоростных воздушно-космических летательных аппаратов и проблема трой-

ных конфигураций ударных волн. Часть II. Исследования встречных ударных волн и тройных ударно-волновых конфигураций. Булат П.В., Денисенко П.В. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2016. 16, № 2, с. 199-223. Рус.

Рассматриваются актуальные задачи развития теории интерференции газодинамических разрывов в приложении к задаче совершенствования силовых установок воздушно-космических летательных аппаратов, рассчитанных на большие сверхзвуковые скорости полета. В первой части обзора была изложена история изучения детонации и различные концепции детонационных двигателей, а также воздухозаборников, рассчитанных на гиперзвуковые скорости полета. Во второй части приведен обзор работ по развитию теории интерференции газодинамических разрывов. Приведена классификация газодинамических разрывов, ударно-волновых процессов, ударно-волновых структур, тройных конфигураций ударных волн. Показано, что многие из этих процессов сопровождаются явлением гистерезиса, имеются области неоднозначности, следовательно, при проектировании двигателей и воздухозаборников необходимо уметь создавать оптимальные ударно-волновые структуры и обеспечивать их устойчивость. Большое внимание в последнее время уделяется использованию в воздухозаборниках ударно-волновых структур, с переотражением скачков уплотнения и интерференцией скачков уплотнения противоположных направлений. В настоящем обзоре им уделено основное внимание, приведены ссылки на этапные работы, последние расчетные и экспериментальные результаты. К сожалению, в зарубежных обзорах пропущены многие этапные работы советских и российских исследователей, так как они не были опубликованы на английском языке. В то же время, именно советская школа газовой динамики сформулировала теорию интерференции газодинамических разрывов в современном виде. Одной из целей настоящего обзора является восполнение этого пробела. Обзор может быть рекомендован специалистам, инженерам и научным сотрудникам, работающим в области аэрокосмической техники.

21.01-01.192 Численное моделирование дифракции ударной волны на прямом угле на неструктурированных сетках. Булат П.В., Волков К.Н. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2016. 16, № 2, с. 354-362. Рус.

Предмет исследования. Представлены результаты моделирования и исследования дифракции ударной волны различной интенсивности на плоском прямом угле. Метод. Численная модель построена на основе решения нестационарных уравнений Эйлера для невязкого сжимаемого газа. Для дискретизации уравнений Эйлера на неструктурированных сетках применен метод конечных объемов и явная схема WENO-типа, имеющая третий порядок точности. Конвективные потоки рассчитаны независимо по каждому направлению с помощью приближенного решения задачи Римана (метод HLLC). Интерпретация по времени проведена методом Рунге—Кутты третьего порядка. Основные результаты. Определена структура течения и его количественные характеристики. Для визуализации и интерпретации результатов численных расчетов применена процедура выделения и классификации газодинамических разрывов, основанная на использовании условий динамической совместности и методов цифровой обработки изображений. Результаты расчетов обработаны в виде численных теневых картин, ширин-изображений и интерферограмм. Выполнено сравнение с данными оптических наблюдений. Продемонстрировано существенно лучшее совпадение с экспериментальными данными по сравнению со стандартными численными методами. Примененный численный метод повышенного порядка точности позволил получить численное решение, свободное от паразитных осцилляций на ударных волнах при минимальном размывании ударных волн по разностным ячейкам. Практическая значимость. Исследование ударно-волновых явлений представляет интерес для решения задач, связанных с воздействием ударных волн на элементы конструкции, функционированием импульсных газодинамических устройств, использованием ударных волн в технологических процессах. При сверхзвуковом обтекании угловых конфигураций возникают интерфе-

ренционные и дифракционные явления, осложненные отрывом потока. Все это существенно осложняет расчет подобных явлений с помощью стандартных разностных методов. Не меньшую сложность представляет и задача интерпретации результатов, в частности, выделения газодинамических разрывов и идентификации их типов.

21.01-01.193 Численное исследование распространения акустического импульса из однородного газа в электрически заряженную запыленную среду; Тукмаков Д.А., Тукмакова Н.А., Ахундов А.А. Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2020, № 1, с. 62-68. Рус.

Рассматривается взаимодействие акустического возмущения, генерируемого движущейся электрически заряженной запыленной средой с акустическим возмущением, распространяющимся из чистого газа. Выявлено, что при воздействии встречного акустического импульса происходит увеличение давления в акустическом возмущении, движущегося из электрически заряженной газозвеси.

21.01-01.194 Определение конструкционной податливости пластины, заземленной по двум противоположным сторонам. Еремьянц В.Э., Васильков Р.Е. Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2020, 20, № 8, с. 40-44. Рус.

Обосновывается необходимость установления влияния конструкционной податливости обрабатываемого объекта на коэффициент восстановления скорости бояка ударной машины для очистки поверхностей. От этого параметра зависит режим работы виброударной машины, её производительность и энергоёмкость. Приводятся результаты предшествующих и новых экспериментальных исследований соударения шара с пластиной, заземленной по двум противоположным сторонам. Представлены экспериментальные зависимости коэффициента восстановления скорости шара при ударе по пластинам различного размера от координаты точки удара на их поверхности. Предложен алгоритм определения коэффициентов конструкционной податливости и жесткости пластины, основанный на классических представлениях теории колебаний пластин. Показано, что расчетные зависимости, полученные по этому алгоритму, качественно совпадают с результатами экспериментов. Отмечена необходимость дальнейшего уточнения этого алгоритма путем учета в математической модели упругопластических контактных деформаций.

См. также **21.01-01.59**

Звук в трубах с потоками

21.01-01.195 Волновое течение жидкости в упругой трубке с шероховатой внутренней стенкой. Абдуллаев Ф.А., Амензатов Р.Ю., Ахундов М.Б. Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 1, с. 73-82. Рус.

Дано точное аналитическое решение одномерной линеаризованной задачи о пульсирующем течении идеальной несжимаемой жидкости в полубесконечной упругой тонкостенной трубке с учетом эффекта шероховатости внутренней стенки. Поставленная задача приводит к решению сингулярной краевой задачи Штрума—Лиувилля, которая, в свою очередь, сводится к интегральному уравнению типа Вольтера. Для описания давления, скорости жидкости и перемещения на торце трубки задано пульсирующее давление. Численно выявлено влияние шероховатости на скорость распространения волны.

Авиационная акустика

21.01-01.196 Парадоксы виброакустики самолетов с двигателями нового поколения (уменьшение шума на местности увеличивает шум в кабине). Бакланов В.С. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 498-502. Рус.

Для турбовентиляторных двигателей нового поколения ха-

рактерна повышенная степень двухконтурности 8—12. Самолеты, оснащенные этими двигателями, успешно выполняют новые стандарты шума на местности (гл. 14 ИКАО). Опыт эксплуатации этих двигателей показал, что произошло существенное перераспределение источников шума. Повышенная степень двухконтурности двигателя приводит не только к значительному увеличению акустической мощности вентилятора, но и к изменению спектра шума. С увеличением диаметра вентилятора концы лопаток вращаются со сверхзвуковой скоростью, генерируя ударные волны. Одна из необходимых мер борьбы с ударными волнами — снижение окружной скорости вентилятора, что требует снижения частоты вращения вала вентилятора. Вибрационный спектр турбовентиляторных двигателей существенно расширяется со сдвигом в низкочастотный диапазон, передаваемый через узлы крепления на конструктивный планера, для которого характерно наличие нескольких десятков собственных форм колебаний в низкочастотной части спектра. Взаимодействие их с возмущающим воздействием силовой установки приводит к генерированию в кабинах самолетов низкочастотных составляющих шума высокого уровня.

21.01-01.197 Моделирование шума задней кромки ротора. Бойчук И.П. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 565-572. Рус.

Представлено моделирование шума, обусловленного взаимодействием турбулентности пограничного слоя на каждой лопатке ротора с ее задней кромкой, при помощи полуаналитической модели широкополосного шума. Источник шума моделируется точечным диполем, в котором учтены эффекты некомпактности. Для учета нестационарной нагрузки на лопастях переднего и заднего ротора используется теория изолированного аэродинамического профиля. В качестве функции отклика на пластине выбирается функция Амита. Моделирование поверхностного давления, вызванного турбулентным пограничным слоем, производится при помощи различных полуэмпирических моделей. Рассчитанные параметры шума с использованием различных полуэмпирических моделей сравнивались с результатами, полученными экспериментально. Ключевые слова: широкополосный шум, задняя кромка, спектр турбулентного давления.

21.01-01.198 Оценка влияния оборудования заглушенных камер на структуру звукового поля. Вишняков А.Н., Макашов С.Ю. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 573-577. Рус.

В заглушенных акустических камерах АК-2 и АК-11 ЦАГИ получены оценки влияния технологического оборудования на структуру звукового поля. С помощью метода «оборотного свип-сигнала» определены искажения звукового поля на приемнике звукового давления, возникающие за счет наличия микрофонных стоек, державок модели, координатных устройств. Измерения выполнены с использованием специализированного программно-аппаратного комплекса. Результаты могут быть использованы как для оценки неопределенности измерений, так и для оптимизации конструкции вспомогательных устройств. Ключевые слова: аэродинамика, испытания в условиях свободного звукового поля.

21.01-01.199 Анализ возможных механизмов шумообразования в турбулентных струях. Крашенинников С.Ю., Вендерский Л.А., Семенов П.А., Поляков Н.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 589-596. Рус.

Анализируются результаты вычислительного моделирования течения в турбулентной струе, полученные на основе численного решения уравнений Навье—Стокса с использованием LES-технологии и Фурье-анализа, а также известные данные об эволюции турбулентности в потоке. Анализ показывает, что шумообразование является следствием динамического воздействия нестационарного движения среды в слое турбулентного смешения на окружающую среду. Согласно результатам исследования, акустические пульсации возникают на периферии слоя смешения, в ближнем поле струи. Приводятся данные, объясняющие этот эффект. Ключевые слова: турбулентные струи,

турбулентность, акустическая диссипация, индуцированное течение, шумообразование, ближнее акустическое поле.

21.01-01.200 О проблеме шума на местности винтовых беспилотных летательных аппаратов. *Мошков П.А., Остриков Н.Н., Самохин В.Ф. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 597-603. Рус.

Рассмотрена проблема шума на местности винтовых беспилотных летательных аппаратов. Представлена структура проблемы и основные направления исследований, как для аппаратов военного, так и гражданского назначения. Представлены спектральные характеристики природного фона в условиях открытой местности и вблизи моря. Предложена методика расчетной оценки границ слышимости и заметности винтовых беспилотных летательных аппаратов. Составными элементами данной методики являются интегральные уровни фона в дБА, критерии слышимости и заметности, программное обеспечение для расчета шума летательных аппаратов на местности, учитывающее основные источники шума и эффекты, возникающие при формировании звукового поля летательного аппарата и при распространении звука до наблюдателя. Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, винтовые движители, шум на местности, слышимость, аэроакустика.

21.01-01.201 Применение комбинированных струйно-перфорированных границ для решения проблемы влияния стенок рабочей части в трансзвуковой аэродинамической трубе. *Волкова А.О., Иванов А.И., Стрельцов Е.В. Вестник Московского авиац. ин-та. 2020. 27, № 3, с. 37-48.* Рус.

Рассмотрен перспективный метод уменьшения индукции стенок рабочей части аэродинамической трубы — применение комбинированных струйно-перфорированных границ, представляющих собой сочетание перфорированных стенок и управляемого пограничного слоя на их поверхности. Представлены результаты экспериментального исследования моделей самолетной и ракетной компоновки при различных параметрах пограничного слоя и степени раскрытия перфорации стенок. Для модели ракетной компоновки приведено сравнение экспериментальных данных с результатами численного моделирования обтекания ее безграничным потоком. Полученные материалы показали эффективность применения комбинированных струйно-перфорированных границ с целью значительного снижения индукции стенок рабочей части аэродинамической трубы.

21.01-01.202 Локализация источников шума в гермокабине самолета RRJ-95 сферической микрофонной решеткой. Часть 2. Пассажирский салон. *Мошков П.А., Василенков Д.А., Рубановский В.В., Строганов А.И. Вестник Московского авиац. ин-та. 2020. 27, № 3, с. 60-72.* Рус.

Дан краткий обзор механизмов генерации шума в салонах пассажирских самолетов. Представлены результаты локализации и ранжирования источников шума в пассажирском салоне экспериментального самолета RRJ—95 с применением сферической решетки Simcenter Solid Sphere 3DCAM78. Получены карты локализации для суммарного взвешенного по шкале А стан-

дартного шумомера уровня звукового давления в диапазоне частот 20—5000 Гц. Звуковое поле в салоне самолета является сложным по своей структуре и, за исключением салона бизнес-класса, несимметричным относительно главной оси, что связано с особенностями работы системы кондиционирования и вентиляции воздуха, а также наличием дополнительных источников шума, нехарактерных для серийных воздушных судов. Это — дополнительное излучение от оборудования, расположенного в хвостовой части салона, локальные зоны увеличения уровней шума вследствие наличия зазоров между панелями интерьера и при их отсутствии. Показано, что увеличение звукоизоляции фюзеляжа в хвостовой части салона за счет установки панели интерьера в полетных условиях составляет ~2 дБА.

21.01-01.203 Исследование стойкости к ударным воздействиям многослойных композиционных конструкций с сотовым наполнителем. *Беззаметнов О.И., Митряйкин В.И., Халиулин В.И., Кротова Е.В. Вестник Московского авиац. ин-та. 2020. 27, № 3, с. 111-125.* Рус.

Целью данной работы является определение характеристик ударостойкости и живучести образцов сотовых панелей и фрагментов лопастей вертолета. Для ее достижения решались задачи, связанные с проектированием и изготовлением экспериментальных образцов, проведением ударных испытаний, а также исследованием характера и геометрических характеристик повреждений. Разработана методика определения стойкости к ударным воздействиям деталей летательных аппаратов из многослойных композиционных конструкций с сотовым наполнителем. Проведена оценка характера ударных повреждений фрагментов лопасти рулевого и несущего винтов методом рентгеновской компьютерной томографии.

См. также **21.01-01.69, 21.01-01.142**

Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

21.01-01.204 О потерях колебательной энергии в вязком несжимаемом слое с одной колеблющейся и другой жесткой границами. *Кирпичников В.Ю., Петров А.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 23-28. Рус.

Рассматривается динамика вязкого несжимаемого слоя, ограниченного с одной стороны изгибно колеблющейся пластиной, а с другой — неподвижной стенкой. На основании решения линеаризованного уравнения Навье—Стокса, описывающего динамику вязкой несжимаемой жидкости, вычислены удельное механическое сопротивление слоя колеблющейся пластине и коэффициент потерь колебательной энергии в пластине. Показано, что механическое сопротивление увеличивается с уменьшением волнового размера толщины слоя, причем реактивная часть сопротивления растет обратно пропорционально kH , а активная часть — обратно пропорционально кубу kH . С увеличением толщины слоя решение асимптотически сходится к известному, полученному для случая полубесконечного слоя.

См. также **21.01-01.31, 21.01-01.69, 21.01-01.98, 21.01-01.201**

Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

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

См. **21.01-01.70, 21.01-01.71**

Акустические волны в многофазных средах

См. **21.01-01.88, 21.01-01.104**

Исследование геологических сред с использованием сейсмического шума

21.01-01.205 Оценка мощности источников геоакустической эмиссии, зарегистрированной в оз. Микижа (Камчатский край). *Щербина А.О., Солодчук А.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС.

2020, с. 658-662. Рус.

Представлены результаты оценки мощности источников геоакустической эмиссии, зарегистрированной комбинированным приемником у дна озера Микижа Камчатского края. Оценка проводилась по интенсивности принятого излучения с учетом особенностей локализации его источника. Приведены примеры расчета мощности источников геоакустических сигналов в сейсмически спокойный и активный периоды. Ключевые слова: геоакустическая эмиссия, мощность источника, землетрясение, Камчатка.

Обратные задачи сейсмоакустики

См. 21.01-01.157

Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

21.01-01.206 Анализ опытно-промышленных испытаний ультразвуковой технологии на скважинах Самотлорского месторождения. *Муллакаев М.С., Салтыков Ю.А., Салтыков А.А., Муллакаев Р.М. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 171-173. Рус.

Представлен анализ ультразвуковой технологии и оборудо-

вания, проведенный на 68 нефтяных скважинах Самотлорского месторождения нефтесервисной компанией ООО «ЦУТ-Сервис». Проведен анализ результатов опытно-промышленных испытаний скважин с особенностями геолого-физических характеристик обрабатываемых пластов, которые позволили сформулировать алгоритм подбора скважин-кандидатов для ультразвуковой обработки.

См. также 21.01-01.150

Акустика Земли и планет

21.01-01.207 УЗ инструмент для реализации комбинированного воздействия в процессе бурения внемезных объектов. *Хмелев В.Н., Барсуков Р.В., Нестеров В.А., Генне Д.В., Цыганок С.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 186-190. Рус.

Рассматривается проблема повышения эффективности ультразвукового бурения твердых материалов для исследовании грунтов планет, астероидов и других космических тел. Предлагается решение проблемы при помощи разработанного устройства, способного, одновременно с ультразвуковым, осуществлять воздействие при помощи низкочастотных макроколебаний и вращательного движения рабочей кромки инструмента.

Акустическая экология; Шумы и вибрации

Шумы и вибрации в воздушной среде

21.01-01.208 Особенности снижения шума авиационных силовых установок с помощью эффекта экранирования. *Денисов С.Л., Остриков Н.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 585-588. Рус.

Представлены результаты исследования снижения на местности шума авиационной силовой установки с помощью реализации эффекта экранирования. Проведена адаптация Геометрической Теории Дифракции (ГТД) для расчета эффективности экранирования плоскими полигональными экранами некомпактных источников шума (воздухозаборник и струя). В качестве модели, описывающей шум струи, использовалась корреляционная теория шума струи, а излучение шума из канала воздухозаборника описывалось на основе точного решения Вайнштейна. Сравнение расчетных и экспериментальных данных показало высокую степень соответствия, что позволило разработать методику расчета шума на местности для летательных аппаратов, реализующих эффект экранирования. Ключевые слова: акустика, геометрическая теория дифракции, экранирование, дипольный источник, квадрупольный источник, азимутальные моды, корреляционная теория шума струи.

21.01-01.209 Натурное изучение временных вариаций сейсмических шумов мегаполиса. *Котов А.Н., Преснов Д.А., Жостков Р.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 635-642. Рус.

Рост современных городов-мегаполисов, бурное развитие их транспортной и промышленной инфраструктуры неизбежно приводит к усилению антропогенного воздействия на окружающую среду. В числе актуальных проблем геоэкологии крупных городских агломераций — повышение уровня различного рода шумов, пагубно влияющих на техническое состояние зданий, сооружений и нашу жизнедеятельность. Важными и актуальными в этой связи представляются задачи мониторинга пространственного распределения поверхностных сейсмоакустических вибраций в различных частотных диапазонах. Новые методы исследования глубинного строения геологической среды в сочетании с достижениями в области сейсмического микро-

районирования сейсмоопасных территорий, а также развитие инструментальной базы сейсмологических наблюдений позволяют на качественно новом уровне подойти к решению обозначенной проблемы. Изучены закономерности распределения микросейсмических шумов в одном из населенных пунктов Новой Москвы и построены карты низкочастотного шумового загрязнения исследуемой территории. Ключевые слова: микросейсмический шум, сейсмическое микрорайонирование, вибрационное воздействие, метод микросейсмического зондирования.

21.01-01.210 Движущийся поезд как источник звуковых волн, распространяющихся по рельсовому пути. *Вибиков С.В., Шапарь А.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 5, с. 152-153. Рус.

На основании экспериментальных данных шум качения пары «колесо—рельс» выбран в качестве доминирующего источника звуковых волн для обнаружителя приближающегося поезда. Ключевые слова: уровень шума, шум качения, приближение поезда.

См. также 21.01-01.69, 21.01-01.80, 21.01-01.197, 21.01-01.199, 21.01-01.200

Воздействие шумов и вибраций на сооружения и технику

21.01-01.211 Сейсмостойкость колеблющегося здания на кинематических опорах. *Карнилович С.П., Ловецкий К.П., Севастьянов Л.А., Щесняк Е.Л. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (русская версия) РУДН. Серия Математика. Информатика. Физика).* 2019. 27, № 2, с. 124-132. Рус.

Рассмотрена конструкция кинематических опор, позволяющая демпфировать энергию колебаний сейсмических волн при землетрясениях. Здание опирается на опоры, которые имеют геометрию прямых цилиндров. Когда происходят горизонтальные колебания грунта, опоры отклоняются под небольшим углом. В то же время их центр тяжести поднимается и стремится вернуться в исходное положение под действием двух сил на каждую опору: вес здания, равномерно распределенного по всем опорам, и вес самой опоры. Первая сила применяется к

самой высокой точке опоры, вторая — к центру тяжести опоры, так что на опору действуют моменты вращения двух сил. Следует отметить, что при очень сильных колебаниях грунта проекция центра тяжести может выходить за пределы основания опоры. В этом случае опоры начнут опрокидываться. Мы ограничимся рассмотрением таких отклонений, что вращательные моменты сил гравитации все еще стремятся вернуть опоры в исходное состояние равновесия.

Структурная акустика и вибрации

21.01-01.212 Методологические проблемы измерения вибрации рельсового транспорта и пути их решения. *Канев Н.Г. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 415-422. Рус.

Проанализированы действующие методики и рекомендации по измерению нормируемых параметров вибрации в зданиях, вызванной движением рельсового транспорта. На примере длительного мониторинга вибрации метрополитена продемонстрированы недостатки методик, приводящие к возможным искажениям гигиенической оценки. Кроме этого, достоверный результат измерения вибрации должен содержать не только измеренное значение, но и параметр, характеризующий неопределенность измерения. Однако в настоящее время отсутствуют какие-либо стандарты или подходы, позволяющие оценить неопределенность измерений с учетом специфики вибрации рельсового транспорта. Предложено применить статистический подход к интерпретации результатов измерений: необходимо использовать параметр, характеризующий максимальное вибрационное воздействие и рассчитываемый по результатам измерений нескольких событий прохождения поезда с учетом известного или предполагаемого закона распределения.

21.01-01.213 Анализ схемно-конструктивных решений для создания и испытаний малошумных электрогидравлических приборов систем управления. *Берестовицкий Э.Г., Соловьев М.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 503-508. Рус.

Снижение шума и вибрации электрогидравлических приборов систем управления судовых и корабельных энергетических установок является одной из актуальных проблем стоящих перед разработчиками этих систем. Рассмотрены различные схемно-конструктивные решения по созданию малошумных электрогидравлических приборов. Особое внимание уделяется теоретическим основам шумообразования в зависимости от типа конструктивных элементов и схемы их расположения. Определяются границы применимости аналитических методов определения малошумности регулирующих органов. Дается обоснование применения трехмерного численного моделирования течения жидкости в проточной части электрогидравлических приборов. Предложенный подход позволяет проектировать малошумные регулирующие органы, отвечающие современным и перспективным требованиям. Ключевые слова: гидродинамический шум, виброшумовые характеристики, малошумные регулирующие органы, системы управления, вычислительная гидродинамика.

21.01-01.214 Современные эффективные виброизолирующие подвески трубопроводов рабочих сред. *Волкова Н.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 509-513. Рус.

Рассмотрены конструкции современных эффективных виброизолирующих подвесок трубопроводов рабочих сред, которые получили широкое применение в промышленности, в том числе, и в судостроении. Предложены дальнейшие направления совершенствования подвесок трубопроводов рабочих сред.

21.01-01.215 Звукоизоляция каркасно-обшивных перегородок. *Дымченко В.В., Ерофеев В.И., Мониц Д.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 514-516. Рус.

Рассмотрено прохождение звука через каркасно-обшивные пе-

регородки с одинарным каркасом, широко применяемые в настоящее время в гражданском и промышленном строительстве. Исследовано резонансное прохождение звука, определяемое самосогласованием звуковых полей в «шумном» и «тихом» помещении с волновым полем собственных колебаний ограждения. Приведены результаты экспериментальных исследований звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок с тремя типами стоечных профилей каркаса. Даны рекомендации по повышению звукоизоляции перегородок без увеличения массы и толщины. Ключевые слова: звукоизоляция, каркасно-обшивные перегородки, резонансное прохождение звука.

21.01-01.216 Влияние косвенных путей передачи звуковой энергии на характеристики звукоизоляции тестовых панелей. *Зверев А.Я., Черных В.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 517-521. Рус.

В реверберационных камерах акустического стенда АК-11 проведено экспериментальное исследование влияния косвенных путей передачи звуковой энергии на оценку звукоизоляции тестовых панелей, моделирующих бортовую самолетную конструкцию. Определено, что влияние косвенных путей на измеренную звукоизоляцию панелей с различным теплозвукоизолирующим набором, существенно на частотах выше 1 кГц. Дана оценка звукоизоляции панелей при наличии и отсутствии косвенных путей прохождения энергии. Ключевые слова: звукоизоляция, реверберационный метод.

21.01-01.217 Защита здания от одновременного вибрационного воздействия трамваев и поездов метрополитена. *Московец М.Е., Канев Н.Г. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 529-537. Рус.

Представлены результаты натурного исследования вибрации рельсового транспорта в жилом здании. Источниками вибрационного воздействия являются трамваи и поезда метрополитена мелкого заложения, расположенные в непосредственной близости к зданию. Проектом предусмотрены мероприятия по защите от вибрации: подземная часть стен здания отделена упругим слоем от грунта. Упругий слой под фундаментом не применяется, поскольку источники вибрации находятся у поверхности грунта и не оказывают значительного динамического воздействия на заглубленный фундамент. Приведены результаты измерений, проведенных на этапе строительства и после его завершения в нескольких точках: на грунте, на фундаментной плите, на плитах межэтажных перекрытий. Показано, что вибрационное воздействие в здании соответствует санитарно-гигиеническим требованиям. Ключевые слова: вибрация, рельсовый транспорт, виброизоляция, измерения.

21.01-01.218 Повышение эффективности системы виброзащиты рабочего места водителя колесного трактора. *Линник Д.А. Вестн. Белор.-Рос. унив. 2020, № 2, с. 40-50.* Рус.

Приведен аналитический обзор литературы по вопросам влияния вибрации на организм человека (водителя колесного трактора). Рассматривается конструкция опытной подвески кабины колесного трактора «Беларус-3022ДЦ.1». Приводятся результаты экспериментальных исследований.

21.01-01.219 О колебании прямоугольной пластинки переменной толщины, лежащей на вязкоупругом основании. *Гасымов Г.М., Шириев А.И. Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 3, с. 128-134.* Рус.

Рассматривается собственное колебание прямоугольной пластинки переменной толщины, лежащей на неоднородной вязкоупругом основании. Решение задачи строится методами разделения переменных и Бубнова—Галеркина. Предполагая, что толщина пластинки, плотность и характеристики основания вдоль пластинки меняются по линейному закону, проведен численный расчет. Результаты расчета представлены в виде таблиц и графиков зависимости между характерными параметрами.

См. также **21.01-01.50, 21.01-01.54, 21.01-01.85, 21.01-01.196, 21.01-01.203, 21.01-01.209**

Поглотители слабых и интенсивных акустических волн

21.01-01.220 Сравнительное исследование эффективности индивидуальных средств защиты рук от вибрации. *Хлопков Е.А., Смирнов В.В., Муравьев С.И., Вьюненко Ю.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 538-543. Рус.*

Измерена антивибрационная эффективность средств индивидуальной защиты (СИЗ) рук различных конструкций. Проведена оценка их применимости в некоторых технологических операциях металлообработки, машиностроения, сельского хозяйства. Показано влияние выбора материала и геометрических параметров элементов конструкций на уровень защитных свойств в октавных полосах частотного спектра. Предложена классификация СИЗ по структуре защитных элементов конструкций (дискретные, сплошные, комбинированные). Проверена стабильность эффективности антивибрационных свойств некоторых перчаток и рукавиц во времени. Ключевые слова: антивибрационные рукавицы и перчатки, эффективность, СИЗ, технологический процесс, ручной инструмент.

21.01-01.221 Исследование эффективности звукоизоляции специальных покрытий. *Алексеев С.А., Воронина Е.В. Морской вестник. 2007, № 3S, с. 52. Рус.*

21.01-01.222 Защита от шума реактивных двигателей при их испытаниях. *Петров С.К., Олейников А.Ю., Лубянченко А.А., Ксенофонтова В.К. Безопасность жизнедеятельности. 2020, № 2, с. 32-39. Рус.*

Представлен обзор о шумовом воздействии при испытаниях реактивных двигателей как в составе готовых изделий, так и в составе газодинамического стенда. Рассмотрены средства и методы защиты от шума при испытаниях реактивных двигателей. Предложены технические решения и представлены результаты экспериментальных исследований абсорбционных глушителей в составе газодинамических стендов для испытаний жидкостных ракетных и воздушных реактивных двигателей.

См. также **21.01-01.116, 21.01-01.117, 21.01-01.213, 21.01-01.215, 21.01-01.216, 21.01-01.217**

Шумоизоляция

21.01-01.223 Методическое обеспечение оценивания профессиональной работоспособности оператора в условиях воздействия интенсивного авиационного шума. *Чистов С.Д., Кукушкин Ю.А., Солдатов С.К., Богомолов А.В., Кисляков Ю.Ю., Герасимова Е.Г. Безопасность жизнедеятельности. 2019, № 5, с. 20-28. Рус.*

Рассмотрены вопросы методического обеспечения оценивания профессиональной работоспособности оператора эргатической системы в условиях воздействия интенсивного авиационного шума, основанное на применении дискриминантного анализа и иерархической структуры показателей, характеризующих качество, структуру деятельности и психофизиологическое состояние оператора. Синтезирован интегральный показатель профессиональной работоспособности оператора и составляющие его показатели более низкого уровня иерархии, характеризующие качество пилотирования, структуру управляющих воздействий оператора на орган управления и психофизиологическое состояние оператора. Представлена критериальная функция, задающая решающее правило, позволяющее достоверно разделить обследованных операторов на два класса: полет без воз-

действия интенсивного авиационного шума, полет с воздействием интенсивного авиационного шума. Приведен количественно подтвержденный вывод о негативном влиянии авиационного шума на качество пилотирования, структуру управляющих воздействий оператора на орган управления эргатической системой и на функциональное состояние операторов. Отмечено, что полученные результаты применимы для оценивания профессиональной работоспособности операторов эргатических систем, эксплуатация которых осуществляется или сопряжена с акустическим воздействием на оператора.

См. также **21.01-01.196, 21.01-01.215, 21.01-01.216, 21.01-01.221, 21.01-01.222**

Активные методы подавления шума

21.01-01.224 Алгоритмы фильтрации сигналов ультразвуковых сенсоров детектирующих препятствия устройств. *Сачков М.Ю., Юсупова А.Ю. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019, 19, № 2, с. 326-332. Рус.*

Предмет исследования. Исследованы методы снижения шумов сигнала ультразвукового сенсора модуля, детектирующего препятствия. Сенсор посредством вибраций извещает человека с ограниченными возможностями зрения о неподвижных или движущихся перед ним с малой скоростью предметах. Метод. Предложенный алгоритм содержит медианный цифровой фильтр. Фильтр позволяет устранить случайные флуктуации выходного сигнала сенсора, вызванные попаданием в поле зрения сложноидентифицируемых объектов, собственных шумов устройств. Основные результаты. Спроектировано функциональное устройство и изготовлен его макет. В макете применен ультразвуковой сенсор HC-SR04. Предлагаемое устройство позволяет отказаться от звуковых извещателей (наушников) и передавать информацию об окружающей обстановке посредством вибродвигателя, закрепляемого на предплечье человека. Для обработки сигнала использована плата ArduinoNano. Предложенный алгоритм реализован с помощью программного пакета MATLAB. По известной методике рассчитаны параметры, обеспечивающие работоспособность ультразвукового сенсора при различных параметрах среды. Изложены результаты обработки сигнала от ультразвукового сенсора посредством цифровых фильтров. Показано, что среднеквадратичное отклонение измеренных параметров (расстояния) снижено более чем в два раза. Представлены результаты обработки сигнала сенсора макета устройства в условиях лаборатории для неподвижных предметов и предметов с малой линейной скоростью (до 1 м/с). Практическая значимость. Разрабатываемое устройство способствует повышению точности навигации при передвижении слабовидящих людей.

21.01-01.225 Звукоподавляющая вставка в воздуховодах вентиляции. *Мурзинов В.Л., Мурзинов П.В., Мурзинов Ю.В., Иванова И.А., Татарникова Ю.В. Безопасность жизнедеятельности. 2020, № 11, с. 14-19. Рус.*

Рассмотрены методы и конструкции, обеспечивающие снижение аэродинамического шума и показаны различные конструктивные решения, как представленные в нормативных документах, так и оригинальные современные разработки. Обоснована эффективность применения спиральных вставок в виде геликоидов в воздуховоды. Показано, что применение звукопоглощающих материалов для облицовки воздуховодов и изготовления геликоида позволят получить синергетический эффект совместного использования облицованных воздуховодов и вставленных в них геликоидов для значительного снижения аэродинамического шума в диапазоне средних и высоких частот.

Акустика помещений; Музыкальная акустика

Акустика концертных залов

21.01-01.226 Акустика и органы мальтийской капел-

лы и лютеранской церкви Святой Марии в Санкт-Петербурге. *Кравчун П.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.*

СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 482-485. Рус.

Рассматриваются акустические характеристики церковных залов исторических зданий Мальтийской капеллы (1798—1800) и Лютеранской церкви Святой Марии (1805) в Санкт-Петербурге, приводятся результаты акустических измерений. Обсуждаются акустические проблемы указанных помещений с учетом особенностей установленных в них органов.

Акустика пассажирских кабин

См. 21.01-01.196, 21.01-01.202

Общие вопросы архитектурной акустики

21.01-01.227 Особенности акустических требований к молельным залам канонических конфессиональных зданий и сооружений. *Щиржецкий Х.А., Алешкин В.М., Щиржецкий А.Х. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 490-497. Рус.

Представлен новый подход к проблеме обеспечения акустического комфорта в молельных залах храмовых помещений, основу которого составляет достижение у прихожан ощущение полной сакральности проводимых религиозных мероприятий. Разработано предложение по использованию специального критерия для объективной оценки этого ощущения (так называемой «меры высоты звучания храма»), оптимизация которого, наряду с коррекцией зон оптимумов традиционных объективных параметров акустики залов, в приложении к поставленной проблеме, позволяет решить задачу систематизации методов акустического проектирования молельных залов православной и мусульманской конфессий.

См. также 21.01-01.60

Общие вопросы строительной акустики

21.01-01.228 Голосники. *Канев Н.Г. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 475-481. Рус.

Голосники — это полые сосуды, вмонтированные в потолок или стены помещения и связанные с ним через небольшие отверстия. Существует устойчивое мнение, что голосники значительно улучшают акустику помещений, в частности в храмах и

концертных залах. Однако известные исследования голосников не подтверждают эту точку зрения. В работе рассматривается несколько физических механизмов действия голосников на акустику помещения. Голосник, как резонатор Гельмгольца, может быть эффективным рассеивателем или поглотителем звуковых волн. Также голосник изменяет начальную часть импульсного отклика, что может влиять на субъективную оценку звучания. Рассчитаны характеристики голосников, при которых возможно заметное влияние на акустику помещения.

См. также 21.01-01.212, 21.01-01.217, 21.01-01.226, 21.01-01.227

Общие вопросы музыкальной акустики

21.01-01.229 Распределенная генерация компьютерной музыки в Интернете вещей. *Рогозинский Г.Г., Черный Е.В., Уолли Р., Щечокшин А.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 4, с. 654-660. Рус.

Постановка проблемы. Рассмотрена распределенная интеллектуальная система для генерации компьютерной музыки в сети автономных вычислительных агентов. В качестве решения одной из задач, связанных с реализацией такой системы, предложена математическая модель извлечения данных из окружающей среды для использования их в процессе генерации музыки. Методы. Для представления данных о тембральных характеристиках в описываемой системе используется Resource Description Framework. В качестве подсистемы синтеза и обработки звука используется специальный язык музыкального программирования Ssound. Генерация звука происходит в соответствии с параметрами композиционной модели, извлекающей данные из окружающего мира. Результаты. Предложена архитектура распределенной системы генерации компьютерной музыки. Представлен пример ядра синтеза звука. Предложен метод отображения характеристик окружающего мира в пространство сигналов композиционной модели, имитирующей вдохновение у творческого индивидуума. Система генерации музыки была представлена в качестве экспоната в Центральном музее связи им. А.С. Попова в рамках акции «Ночь музеев». В ходе публичного эксперимента установлено, что система в целом проявляет тенденцию к быстрому установлению нейтрального состояния, при котором не генерируются музыкальные события, что говорит о необходимости разработки алгоритмов поддержания активного состояния сети агентов в целом.

Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

Компьютерная обработка результатов эксперимента

21.01-01.230 Исследование методов улучшения интегральных систем распознавания речи при недостатке обучающих данных. *Кипяткова И.С., Марковников Н.М. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 361-367. Рус.

Интегральные (end-to-end) системы распознавания речи позволяют повысить скорость декодирования речевого сигнала по сравнению со стандартными системами, однако требуют больше речевых данных для обучения. В статье исследуются два способа улучшения интегральных моделей распознавания речи при недостатке обучающих данных. Первый способ — применение методов аугментации речевых данных, таких как изменение темпа речи, высоты голоса, наложения белого шума и синтез речи. Вторым способом является предобучение моделей с использованием метода переноса знаний, который подразумевает обучение модели на нецелевых данных, а затем перенос обученных параметров в целевую модель. Данные методы были применены для обучения интегральной модели распознава-

ния русской речи, созданной путем объединения кодер-декодер модели с механизмом внимания и модели на основе коннекционной временной классификации. Разработанные модели были внедрены в систему распознавания слитной русской речи и показали большую точность распознавания по сравнению с базовой интегральной моделью. В ходе экспериментов по распознаванию слитной русской речи наилучший результат составил 12.2% по показателю неправильно распознанных символов и 37.8% по показателю неправильно распознанных слов в речи, который был достигнут при применении модели, обученной с помощью метода переноса знаний.

21.01-01.231 Развитие алгоритмов сжатия речи. *Шалаева М.Б. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2005. 5, № 3, с. 140-145. Рус.

Этапы исследования: сравнение современных алгоритмов кодирования речи по различным показателям, выявление тенденций развития и определения наиболее перспективных методов, выбор общих для большинства алгоритмов функциональных блоков с целью их последующей модернизации.

21.01-01.232 Повышение эффективности передачи речевых сигналов. *Будько М.Б., Жигулин Г.П. Научно-технический вестник информационных технологий, механи-*

ки и оптики. 2006. 6, № 2, с. 89-94. Рус.

Цель исследования заключается в выявлении современных подходов к передаче потокового аудио, оптимизации перспективных механизмов и реализации собственной системы передачи акустических сигналов, обладающей способностью динамической настройки в зависимости от состояния сети. В статье рассматривается механизм прерывистой передачи и описываются методы, положенные в основу разработанного алгоритма определения речевой активности.

21.01-01.233 Алгоритм определения речевой активности и генератор комфортного шума высокого быстродействия. *Будько М.В.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2006. 6, № 9, с. 37-43. Рус.

Целью исследования является разработка адаптивной системы кодирования и передачи аудиосигналов в режиме реального времени для пакетных сетей с негарантированным качеством обслуживания. Рассматривается механизм прерывистой передачи речи, описываются разработанные базовые алгоритмы указанного механизма, обладающие низкой вычислительной сложностью.

21.01-01.234 Математическая модель органа слуха для автоматического распознавания речи. *Титов Ю.Н.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2007. 7, № 3, с. 307-310. Рус.

Дано описание модели и результаты по моделированию органа слуха при автоматическом распознавании изолированных слов русского языка. Изложен алгоритм последовательной обработки сигнала через банк фильтров с учетом психоакустической природы слуха (Mel-Scale Transform) и результаты классификации полученных векторов-признаков с помощью аппарата искусственных нейронных сетей.

21.01-01.235 Математическое моделирование динамических процессов в человеческом органе слуха. *Носова А.В.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2007. 7, № 3, с. 311-317. Рус.

Рассматривается человеческий орган слуха. Создается модель (в пакете MatLab) наружного уха человека. Приводится структурная схема восприятия звука человеком.

21.01-01.236 Проблемы передачи и приема акустических сигналов. *Родичков С.А.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2007. 7, № 3, с. 322-327. Рус.

Рассмотрены проблемы приема и передачи акустических сигналов. Рассмотрено устройство уха как простейшего акустического волновода. Приведены понятия о звуке и об ультразвуке, рассмотрены специфические особенности ультразвука, его основные характеристики.

21.01-01.237 Повышение точности алгоритмов распознавания речи на основе скрытых марковских моделей. *Балакишин П.В.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2008. 8, № 1, с. 232-237. Рус.

Представлен краткий обзор существующих алгоритмов распознавания речи. Дано сравнение алгоритмов на основе скрытых марковских моделей. Показана схема работы алгоритма Витерби. Предложена модификация данного алгоритма за счет введения дополнительной информации о длительности состояний.

21.01-01.238 Современные технологии сжатия аудиосигналов. *Пиуновский Е.В., Тропченко А.А.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2010. 10, № 1, с. 46-52. Рус.

Рассмотрены возможности и преимущества сжатия аудиоданных с применением вейвлет-преобразований. Выявлены проблемы существующих методов компрессии звука, проанализированы способы внедрения вейвлетов (wavelets) в алгоритмы сжатия, предложена схема сжатия аудиоданных на основе адаптивных ортогональных преобразований.

21.01-01.239 Реализация алгоритма шумоподавления в речевом тракте систем мобильной связи на ба-

зе СВИС. *Чураев С.О., Адамова А.Д., Палташев Т.Т.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2011. 11, № 1, с. 72-76. Рус.

Приведен анализ вопросов аппаратной реализации комплексных алгоритмов цифровой фильтрации для речевого канала систем сотовой связи и последующей их коммерциализации на основе полузаказных СВИС и ПЛИС. Использован алгоритм адаптивного шумоподавления с применением прямого/обратного преобразования Фурье и фильтрации речевого сигнала по методу Винера.

21.01-01.240 Исследование вариантов реализации этапа предсказания лифтинговой схемы при решении задачи сжатия звука. *Пиуновский Е.В.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2011. 11, № 3, с. 92-96. Рус.

Проведено сравнение различных реализаций этапа предсказания лифтинговой схемы вейвлет-преобразования на основе трех различных функций: Хаара, линейной и полиномиальной. В качестве анализируемых данных выбраны аудиосигнал и финансовый временной ряд. Представлены лифтинговая схема и краткое описание ее основных этапов. Выполнен анализ результатов различных вариантов предсказания и приведена их количественная оценка. Сделаны выводы о влиянии сложности функции на результат предсказания различных типов сигналов.

21.01-01.241 Некоторые аспекты исследования систем распознавания речи в телефонных службах поддержки. *Балакишин П.В., Петров Г.Ю.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 1, с. 73-78. Рус.

Представлены проблемы телефонных служб поддержки клиентов (call-центров) крупных компаний. Определены преимущества и недостатки применения систем распознавания речи в работе таких центров. Показана важность метрики FCR (First Call Resolution) и особенности ее вычисления в системах автоматического распознавания речи. Ключевые слова: распознавание речи, телефонная служба поддержки, call-центр, FCR.

21.01-01.242 Метод оценки уровня клиппирования речевого сигнала. *Алейник С.В., Матвеев Ю.Н., Раев А.Н.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 3, с. 79-83. Рус.

Клиппирование — один из видов искажения формы сигнала, которое происходит при перегрузке усилителя и при превышении выходным напряжением усилителя его динамического диапазона. На осциллограмме клиппирование обычно выглядит как обрезание сигнала по амплитуде. Рассмотрены различные способы оценки уровня клиппирования речевого сигнала. Предлагается и исследуется новый способ оценки уровня клиппирования, обладающий лучшими характеристиками по сравнению с известными. Ключевые слова: клиппирование, речевой сигнал.

21.01-01.243 Выбор признаков в задаче распознавания эмоций диктора. *Шолохов А.В.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 3, с. 150. Рус.

Исследуется подход к выбору наиболее информативных признаков в задаче автоматического определения эмоционального состояния человека по записям устной речи. Для получения оптимального подмножества признаков по заданному критерию качества распознавания использовался генетический алгоритм. Ключевые слова: распознавание эмоций, речевые признаки, генетические алгоритмы.

21.01-01.244 Технология синтеза русской речи на основе скрытых марковских моделей. *Чистиков П.Г.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 3, с. 151. Рус.

Представлен подход к построению системы синтеза речи на основе скрытых марковских моделей применительно к русскому языку. Для повышения ее гибкости применяется алгоритм кластеризации состояний. Представлен подход моделирования сигнала возбуждения. Ключевые слова: синтез речи, скрытые марковские модели, параметризация речи, кластеризация дан-

ных.

21.01-01.245 Применение методов нелинейной динамики для распознавания эмоции радости в речи. *Сидоров К.В., Филатова Н.Н.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 5, с. 110-114. Рус.

Рассмотрена задача распознавания образцов речи, зарегистрированных в момент проявления испытуемыми эмоции радости, от образцов речи этих же дикторов в нейтральном состоянии. Для решения задачи использованы методы нелинейной динамики. Исследования проведены на записях, взятых из базы Emo-DB (Берлин), и фрагментах русскоязычной базы (Гверь). Сформирован модельный корпус эмоциональной речи, состоящий из базы данных двух уровней (фраз и фонем), послуживший основанием для оценки работоспособности разрабатываемых алгоритмов. Выделены устойчивые признаки нелинейной динамики — реконструкция аттрактора и рекуррентный график. Предложены новые количественные признаки для классификации образцов речи человека, испытывающего эмоцию радости, основанные на оценках максимальных векторов реконструкции аттрактора для четырех квадрантов. Ключевые слова: эмоция, эмоциональное состояние, речь, речевой сигнал, нелинейная динамика, реконструкция аттрактора, рекуррентный график.

21.01-01.246 Алгоритм оценки отношения сигнал/шум речевых сигналов. *Столбов М.Б.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 6, с. 67-72. Рус.

Предложен алгоритм оценки интегрального значения отношения сигнал/шум и его значений в частотных полосах для определения качества фонограмм в системе верификации дикторов. Особенность разработанного алгоритма состоит в робастности по отношению к большой вариативности условий записи и качества фонограмм, а также возможности выполнения оценки в режиме реального времени, т.е. в темпе поступления речевого сигнала. В основу алгоритма положены новые способы оценки спектра шума и детектирования речи. Эксперименты показали достаточную для практических применений достоверность оценок отношения сигнал/шум в диапазоне от 6 до 26 дБ на записях длительностью от 10 с и более.

21.01-01.247 Гистограммная нормализация речевых признаков в задаче верификации дикторов. *Матвеев Ю.Н., Шулина А.К.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 6, с. 85-88. Рус.

Содержится краткое описание алгоритма гистограммной нормализации речевых признаков применительно к задаче верификации дикторов. Приведены результаты верификационных тестов при различных параметрах и режимах нормализации. На основании полученных данных сделаны выводы об эффективности использования нормализации речевых признаков для улучшения качества верификации дикторов и найдены оптимальные условия использования алгоритма нормализации. Ключевые слова: верификация дикторов, речевые признаки, гистограммная нормализация.

21.01-01.248 Система идентификации возрастной группы говорящего по записям спонтанной речи. *Симончик К.К.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2012. 12, № 6, с. 89-93. Рус.

Предлагается использовать популярный в текстонезависимой идентификации диктора метод выделения i -векторов для решения задачи идентификации возрастной группы говорящего. Исследуется две реализации системы идентификации возрастной группы говорящего: предложен подход на базе машины опорных векторов, а также подход на основе линейной регрессионной модели. В обоих случаях была достигнута хорошая надежность детектирования возрастной группы диктора по записям фонограмм устной речи. Средний процент правильной идентификации возрастной группы диктора составил 61% и 65% соответственно на речевой базе NIST SRE 2008.

21.01-01.249 Агломеративная кластеризация рече-

вых сегментов фонограммы на основе байесовского информационного критерия. *Кудашев О.Ю.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2013. 13, № 1, с. 90-93. Рус.

Дано описание реализации системы агломеративной кластеризации речевых сегментов фонограммы на основе байесовского информационного критерия. Приведены результаты численных экспериментов с применением различных акустических признаков, а также с использованием полной и диагональной матриц ковариации. Для аудиозаписей радио «Свобода» на разработанной системе был достигнут уровень ошибки DER 6,4%. Ключевые слова: кластеризация речевых сегментов, вариационный байесовский анализ, речевые технологии.

21.01-01.250 Использование информационно-коммуникационных технологий в электронном обучении иностранным языкам. *Тампель И.Б., Краснова Е.В., Панова Е.А., Левин К.Е., Петрова О.С.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2013. 13, № 2, с. 154-160. Рус.

Рассматриваются способы применения в системе электронного обучения иностранным языкам технологий автоматического распознавания и синтеза речи для задач отработки произношения на сегментном и супrasegmentном уровнях, тренировки коммуникативных навыков, проверки словарного запаса обучаемого, тренировки навыка понимания на слух, а также для создания системы голосовой навигации. Несмотря на некоторые ограничения, такое применение данных технологий эффективно как для упрощения задач реализации процесса обучения, так и для повышения удобства использования системы. Ключевые слова: электронное обучение, иностранные языки, ИКТ, речевые технологии, распознавание речи, синтез речи.

21.01-01.251 Представление документов в задаче кластеризации аннотаций научных текстов. *Попова С.В., Данилова В.В.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2014. 14, № 1, с. 99-107. Рус.

Рассматривается проблема кластеризации узкотематических текстов короткой длины, таких как аннотации к научным публикациям. Цель решения данной задачи — группировка результатов запросов в поисковых системах по научным публикациям. Использованы наблюдения, полученные при решении задачи извлечения ключевых фраз из документов. Был применен расширенный список стоп-слов, построенный автоматически для решения задачи извлечения ключевых фраз и позволивший значительно улучшить качество информации, получаемой из научных публикаций. Приводится описание процедуры построения данного списка стоп-слов. Основной задачей является исследование возможности повысить качество и (или) скорость кластеризации аннотаций с помощью вышеупомянутого списка стоп-слов, а также информации о частях речи лексем. В последнем случае для представления документов применяется словарь, содержащий не все слова коллекции, а только существительные и прилагательные, или словарь, состоящий из последовательностей существительных и прилагательных. Использованы два базовых алгоритма кластеризации: k -means и иерархическая кластеризация (метод межгруппового среднего). Показано, что использование расширенного списка стоп-слов и представление документов на основе существительных и прилагательных из словаря коллекции позволяют улучшить качество и скорость работы алгоритма k -means. Для метода межгруппового среднего в аналогичном случае может наблюдаться ухудшение качества кластеризации. Показано, что использование для представления документов последовательностей из существительных и прилагательных снижает качество кластеризации для обоих алгоритмов и оправдано только в тех случаях, когда требуется значительное снижение размерности пространства признаков. Ключевые слова: кластеризация документов; представление документов; использование ключевых фраз, существительных и прилагательных; построение расширенного списка стоп-слов, представления результатов поиска.

21.01-01.252 Технология синтеза естественной речи с использованием базы данных небольшого объема. *Чистиков П.Г., Таланов А.О., Захаров Д.С., Соло-*

менник А.И. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2014. 14, № 2, с. 83-90. Рус.

Представлен подход к созданию голоса для системы синтеза естественной речи в условиях малого объема исходного речевого материала. Эффективное решение данной проблемы необходимо для задачи восстановления голоса (синтез потерянных фрагментов записи на основе доступного материала известного диктора, например актера). Представленная система синтеза речи является гибридной, так как комбинирует достоинства систем, основанных на скрытых марковских моделях и методе Unit Selection. Подход, описанный в работе, использует статистические модели интонационных параметров, что позволяет сохранять в синтезированной речи особенности произношения диктора. Описан процесс подготовки базы данных для синтеза, в том числе и решение проблемы нехватки исходного речевого материала для обучения модели. Специальные алгоритмы конкатенации и модификации звуковых элементов помогают корректировать их параметры в соответствии с требованиями, обеспечивают общую тональную гладкость и уменьшают искажения в спектральной области на границах объединяемых фрагментов. Аудитивные тесты показали эффективность предложенных решений и доказали, что синтез естественной речи возможен даже в условиях малой речевой базы (вплоть до одного часа речи).

21.01-01.253 Пути улучшения качества речевого сигнала пользователя систем голосовой аутентификации. Файзулаева О.Н., Невлюдов И.Ш. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2014. 14, № 2, с. 118-123. Рус.

Обоснована целесообразность использования речевого сигнала пользователя компьютерных систем в процессе его аутентификации. Рассматривается научная задача повышения отношения сигнал/шум речевого сигнала пользователя системы аутентификации. Объект исследования — процесс ввода и выделения речевого сигнала пользователя системы аутентификации в компьютерных системах и сетях. Исследуются методы и средства ввода и выделения речевого сигнала на фоне внешних помеховых сигналов. Предложены пути повышения качества речевого сигнала пользователя в системах голосовой аутентификации. Поскольку современные компьютерные средства, в том числе и мобильные, оснащены двухканальной звуковой картой, предложено при вводе речевого сигнала системы аутентификации использовать два микрофона. При этом решена задача формирования одного лепестка диаграммы направленности микрофонной решетки в требуемой области регистрации речевого сигнала (от 100 Гц до 8 кГц). Использование направленных свойств предложенной микрофонной решетки позволяет в 2–3 раза ослабить воздействие внешних помеховых сигналов в диапазоне частот от 4 до 8 кГц. Исследованы возможности применения пространственно-временной обработки регистрируемых сигналов при использовании постоянных и адаптивных весовых коэффициентов. Представлены результаты имитационного моделирования предложенной системы ввода и выделения сигналов в процессе цифровой обработки узкополосных сигналов. Предложенные решения позволяют повысить значение отношения сигнал/шум регистрируемых полезных сигналов до 10–20 дБ при воздействии внешних помеховых сигналов в диапазоне частот от 4 до 8 кГц. Полученные результаты могут быть полезны специалистам, выполняющим исследования в области распознавания речи, а также различения дикторов.

21.01-01.254 Определение клипированных фрагментов в акустических сигналах. Алейник С.В., Матвеев Ю.Н., Шолохов А.В. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2014. 14, № 4, с. 91-97. Рус.

Исследован способ определения клипированных участков в акустических сигналах, обладающий лучшими характеристиками по сравнению с другими известными способами. Данный способ основан на построении гистограммы амплитуд анализируемого сигнала и вычислении расстояний между локальными максимумами гистограммы на ее хвостах и в центральной части. Отличие гистограмм неклипированного и клипированного сигналов заключается в том, что гистограмма не-

клипированного сигнала имеет плавно спадающие хвосты, в то время как гистограмма клипированного сигнала имеет на хвостах заметные и легко обнаруживаемые всплески. Величина данных всплесков и качество детектирования клипированных фрагментов соответственно зависят от параметров исследуемого способа. Основной целью работы является исследование оптимальных параметров исследуемого способа. Путем математического моделирования детально исследованы характеристики способа: построены плотности распределения целевой величины для различных длин анализируемого кадра сигнала, количества отсчетов в гистограмме и уровней клипирования акустических сигналов. Показано, что при длине кадра в 6000–8000 отсчетов и количестве отсчетов в гистограмме, равном 200–300, достигается хорошее различие клипированных и неклипированных участков акустического сигнала. При этом порог разделения может варьироваться в пределах 0,45–0,55. Приведены примеры работы детектора клипирования, основанного на исследованном способе, на реальных акустических сигналах при различных уровнях клипирования. Ключевые слова: акустический сигнал, клипирование, коэффициент клипирования.

21.01-01.255 Двухязычная многомодальная система для аудиовизуального синтеза речи и жестового языка по тексту. Карпов А.А., Железны М. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2014. 14, № 5, с. 92-98. Рус.

Представлена концептуальная модель, архитектура и программная реализация многомодальной системы аудиовизуального синтеза речи и жестового языка по входному тексту. Основными компонентами разработанной многомодальной системы синтеза (жестовый аватар) являются: текстовый процессор анализа входного текста; имитационная трехмерная модель головы человека; компьютерный синтезатор звучащей речи; система синтеза аудиовизуальной речи; имитационная модель верхней части тела и рук человека; многомодальный пользовательский интерфейс, интегрирующий компоненты генерации звучащей, визуальной и жестовой речи по тексту. Предложенная система выполняет автоматическое преобразование входной текстовой информации в речевую (аудиоинформацию) и жестовую (видеоинформацию), объединение и вывод ее в виде мультимедийной информации. На вход системы подается произвольный грамматически корректный текст на русском или чешском языке, который анализируется текстовым процессором для выделения предложений, слов и букв. Далее полученная текстовая информация преобразуется в символы жестовой нотации (используется международная «Гамбургская система нотации» — HamNoSys, которая описывает основные дифференциальные признаки каждого жеста рук: форму кисти, ориентацию руки, место и характер движения), на основе которых трехмерный жестовый аватар воспроизводит элементы жестового языка. Виртуальная трехмерная модель головы и верхней части тела человека реализована на языке моделирования виртуальной реальности VRML и управляется программно средствами графической библиотеки OpenGL. Предложенная многомодальная система синтеза является универсальной, она предназначена как для обычных пользователей, так и для людей с ограниченными возможностями здоровья (в частности, глухих и незрячих людей) и служит для целей мультимедийного аудиовизуального вывода вводимой текстовой информации.

21.01-01.256 Распознавание и прогнозирование длительных эмоций в речи. Анагностопулос Т., Хоружников С.Э., Грудинин В.А., Скоурлас К. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2014. 14, № 6, с. 137-145. Рус.

Люди действуют рационально, и это их фундаментальное отличие от других видов жизни. Кроме того, в современной психологии подчеркивается, что люди как разумные создания отличаются чувствами и эмоциями. Существует пятнадцать видов универсальных длительных эмоций, плюс нейтральное эмоциональное состояние, такие как гнев, злость, паника, страх, тревога, отчаяние, грусть, восторг, радость, интерес, скука, стыд, гордость, отвращение, презрение и нейтральное отношение. В данном исследовании рассматривается понимание эмоционального состояния человека по анализу ре-

чи в процессе общения. Доказано, что на основе достаточно-го объема акустических данных эмоциональное состояние человека может быть классифицировано набором мажоритарных классификаторов. Предложенный набор классификаторов построен на основе трех базовых классификаторов: kNN, C4.5 и SVMRBFKernel. Этот набор обеспечивает лучшую обработку классификаций эмоций, чем каждый из базовых классификаторов в отдельности. Он сравнивается с двумя другими наборами классификаторов: один-против-всех (ОАА) мультиклассовый SVM с гибридными ядрами и с набором классификаторов, состоящим из двух базовых классификаторов C5.0, и нейронная сеть (NeuralNetwork). Предложенный вариант достигает лучшего результата, чем два других набора классификаторов. В настоящей статье осуществляется классификация эмоций набором мажоритарных классификаторов, который состоит из трех определенных базовых классификаторов, имеющих низкую вычислительную сложность. Базовые классификаторы базируются на различных теоретических данных с целью избежания отклонений и избыточности, что дает предложенному набору классификаторов возможность обобщиться в пространство определений эмоций.

21.01-01.257 Метод идентификации дикторов на основе сравнения статистик длительностей фонов. *Булгакова Е.В., Шолохов А.В., Томащенко Н.А. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 1, с. 70-77. Рус.

Предмет исследования. Представлен полуавтоматический метод идентификации диктора по речи на основе сравнения периодических признаков — статистик длительностей звуков. В последнее время благодаря развитию речевых технологий наблюдается значительный интерес к поиску экспертных методов идентификации диктора по голосу, дополняющих с целью повышения надежности идентификации известные методы, а также обладающих низкой трудоемкостью. Эффективное решение данной проблемы необходимо для принятия надежного решения о тождестве либо различии голосов дикторов, представленных на фонограммах. Описание метода. Впервые представлен алгоритм расчета оценки различия голосов дикторов на основе сравнения статистик длительностей фонов и аллофонов. Характерной особенностью предложенного метода является возможность его применения в комплексе с другими полуавтоматическими методами (акустическими, аудитивно-лингвистическими) в связи с отсутствием ярко выраженной корреляции между анализируемыми признаками. Преимуществом метода является возможность проведения экспресс-исследования фонограмм большой длительности за счет автоматизации процесса подготовки данных для анализа. Описываются принципы работы автоматического сегментатора речи, используемого для расчета статистик длительностей звуков по акустико-фонетической разметке. Программное обеспечение разработано в качестве инструмента подготовки данных для экспертного анализа. Апробация метода. Метод апробирован на базе 130 речевых записей, включающей русскую речь дикторов-мужчин и дикторов-женщин, и показал надежность 71,7% на базе, содержащей записи женской речи, и 78,4% на базе, содержащей записи мужской речи. Также было экспериментально установлено, что из всех используемых признаков наиболее информативными являются статистики длительностей фонов гласных и сонорных согласных.

21.01-01.258 Применение микрофонных решеток для дистанционного сбора речевой информации. *Столбов М.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 4, с. 661-675. Рус.

Применение микрофонных решеток для сбора речевой информации имеет значительные преимущества по сравнению с системами, использующими один микрофон. Обзор посвящен системам, использующим микрофонные решетки для дистанционного сбора речевой информации. Материал статьи основан на анализе публикаций по применению микрофонных решеток для задач сбора речевой информации, а также опыте разработки и практического применения планарных микрофонных решеток. Рассмотрены основные этапы развития систем дистанционного сбора аудиоинформации. Перечислены основные области применения микрофонных решеток. Рассмотрены базо-

вые типы микрофонных решеток и их особенности. Основной материал обзора посвящен работе с планарными микрофонными решетками. Проанализированы особенности работы микрофонных решеток в различной акустической обстановке. Рассмотрены основные соотношения для расчета базовых параметров эквидистантных планарных решеток. Перечислены некоторые методы (приведен список литературы) проектирования неэквидистантных решеток. Дан перечень основных алгоритмов цифровой обработки сигналов планарных микрофонных решеток. Приведен список литературы по алгоритмам обработки в частотной области. Приведен перечень зарубежных компаний, предлагающих системы на основе микрофонных решеток для решения широкого круга задач, связанных с обработкой речевых и аудиосигналов. Описаны некоторые современные системы сбора речевой информации на основе микрофонных решеток. В заключении перечислены перспективные направления развития систем сбора речевой информации с использованием микрофонных решеток. Материалы обзора могут быть использованы при проектировании микрофонных решеток для конкретных практических применений.

21.01-01.259 Применение метода частичных наименьших квадратов для обработки и моделирования аудиовизуальной речи. *Олейник А.Л. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 5, с. 886-892. Рус.

Предмет исследования. Рассмотрена задача реконструкции изображения области рта по речевому сигналу с помощью метода частичных наименьших квадратов. Потребность в решении подобных задач возникает при создании методов обработки аудиовизуальной речи, которая содержит в себе звуковую и визуальную составляющие, называемые модальностями. Конкретные задачи, решаемые с помощью таких методов, включают в себя совместное моделирование голоса и динамики движений губ, синхронизацию аудио- и видеопотоков, распознавание эмоций, обнаружение живости (liveness detection). Метод. Для решения поставленной задачи применен метод частичных наименьших квадратов. Метод позволяет выделить из исходных данных компоненты, между которыми существует ковариационная связь, и построить на их основе модель регрессии. Преимуществом такого подхода является возможность решения двух базовых задач: выявления скрытых связей между исходными данными (речевым сигналом и изображением области рта) и аппроксимации одних исходных данных по другим. Основные результаты. Экспериментальные исследования по реконструкции изображения области рта по речевому сигналу выполнены на аудиовизуальной базе VidTIMIT. Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности применения метода частичных наименьших квадратов для решения задачи реконструкции.

21.01-01.260 Автоматическое распознавание речи — основные этапы за 50 лет. *Тампель И.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2015. 15, № 6, с. 957-968. Рус.

Рассматриваются основные этапы развития систем автоматического распознавания речи за период около 50 лет. Сделана попытка оценить методы решения задачи с точки зрения приближения к функционированию биологических систем. За начало отсчета взято внедрение метода, основанного на алгоритме динамического программирования, в 1968 г. Рассмотрены недостатки метода, позволяющие использовать его только для распознавания команд. Далее рассмотрен метод, основанный на формализме марковских цепей. На основании представления о коартикуляции показана необходимость перехода от моделирования фонов как цельных контекстно независимых объектов к моделированию контекстно зависимых трифонов и бифонов. Разъяснены проблемы обучения трифонов, объясняющиеся недостаточностью речевых баз данных, которые привели к методу связывания состояний. Показана роль методов адаптации моделей и нормализации признаков, обеспечивающих лучшую инвариантность к индивидуальным особенностям диктора, каналам связи, аддитивным шумам. В качестве самого современного метода автоматического распознавания речи рассматриваются глубокие нейронные сети и рекуррентные нейронные сети. Отмечено сходство глубоких (многослойных)

нейронных сетей с биологическими системами. В заключении описаны проблемы и недостатки современных систем распознавания речи и дан прогноз их развития.

21.01-01.261 Дикторo-зависимые признаки для распознавания спонтанной речи. Меденников И.П. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2016. 16, № 1, с. 195-197. Рус.

Приведены результаты исследования по повышению устойчивости системы распознавания спонтанной речи к акустической вариативности речевого сигнала. Предложен метод построения высокоуровневых признаков при помощи глубокой нейронной сети с узким горлом, адаптированной к диктору и акустической обстановке при помощи *i*-векторов. Предложенный метод обеспечил относительное уменьшение на 11,9% словной ошибки в задаче распознавания русской спонтанной речи в телефонном канале.

21.01-01.262 Полуавтоматическая система верификации дикторов. Булгакова Е.В., Шолохов А.В. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2016. 16, № 2, с. 284-289. Рус.

Предмет исследования. Представлена полуавтоматическая система верификации диктора по речи на основе сравнения значений формант, статистик длительностей звуков, а также мелодических характеристик. В последнее время благодаря развитию речевых технологий наблюдается значительный интерес к поиску экспертных систем верификации дикторов по голосу, обладающих высокой надежностью, а также низкой трудоемкостью за счет автоматизации процессов обработки данных для экспертного анализа. Описание системы. Впервые представлено описание системы, позволяющей анализировать сходство либо различие голосов дикторов на основе сравнения статистик длительностей фонем, формантных признаков и мелодических характеристик. Характерной особенностью предложенной системы, в основе которой лежит принцип фузирования (объединения) методов, является слабая корреляция между анализируемыми признаками, что приводит к общему снижению ошибки распознавания диктора. Преимуществом системы является возможность проведения экспериментального фоновграмм благодаря автоматизации процессов подготовки данных и принятия решения. Описываются принципы работы методов и способ их фузирования. Основные результаты. Проведена апробация системы на базе 1190 пар записей «свой—свой» и 10450 пар записей вида «свой—чужой». Записи включают русскую речь дикторов-мужчин и дикторов-женщин. Точность распознавания составила 98,59% для записей мужской речи и 96,17% для записей женской речи. Также было экспериментально установлено, что из всех используемых методов наиболее надежным является формантный метод. Практическая значимость. Результаты эксперимента показали применимость предложенной системы для решения задачи распознавания диктора по голосу и речи в рамках проведения фоноскопической экспертизы.

21.01-01.263 Двухэтапный алгоритм инициализации обучения акустических моделей на основе глубоких нейронных сетей. Меденников И.П. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2016. 16, № 2, с. 379-381. Рус.

Предложен двухэтапный алгоритм инициализации обучения акустических моделей на основе глубоких нейронных сетей. Алгоритм предназначен для уменьшения влияния сегментов, не содержащих речь, на обучение акустической модели. Идея предлагаемого подхода заключается в уменьшении доли неречевых примеров в обучающей выборке. Оценка эффективности алгоритма выполнена на задаче распознавания английской спонтанной речи в телефонном канале (Switchboard). Применение предложенного алгоритма позволило добиться 3% относительного уменьшения пословной ошибки распознавания по сравнению с инициализацией обучения при помощи ограниченных машин Больцмана. Результаты работы могут найти применение при разработке систем автоматического распознавания речи.

21.01-01.264 Анализ методов многомодального объединения информации для аудиовизуального распознавания речи. Иванько Д.В., Кипяткова И.С., Рон-

жин А.Л., Карпов А.А. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2016. 16, № 3, с. 387-401. Рус.

Представлен аналитический обзор, охватывающий последние результаты, достигнутые в области аудиовизуального объединения (интеграции) многомодальной информации. Рассматриваются основные проблемы и обсуждаются методы их решения. Одной из важнейших задач аудиовизуальной интеграции является понимание того, как именно модальности взаимодействуют и влияют друг на друга. В работе этот вопрос рассматривается в контексте аудиовизуальной обработки речи, в особенности распознавания речи. В первой части обзора изложены базовые принципы аудиовизуального распознавания речи, приводится классификация типов аудио- и визуальных признаков речи. Отдельное внимание уделяется систематизации существующих способов и методов объединения аудиовизуальной информации. Во второй части, на основе проведенного анализа области исследований, приводится сводный список задач и приложений, использующих аудиовизуальное объединение с указанием методов, способов объединения информации и используемых аудио- и видеопризнаков. Предлагается структуризация методов аудиовизуальной интеграции по типам решаемых задач, а также обсуждаются преимущества и недостатки различных подходов. Приведены выводы, предложена оценка будущего развития области. В ходе дальнейших исследований планируется реализация системы аудиовизуального распознавания слитной русской речи с применением современных методов объединения многомодальной информации.

21.01-01.265 Актуальные задачи и достижения системы паралингвистического анализа речи. Карпов А.А., Кайа Х., Салах А.А. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2016. 16, № 4, с. 581-592. Рус.

Представлен аналитический обзор современных и актуальных задач, стоящих в области компьютерной паралингвистики, а также последних достижений автоматических систем паралингвистического анализа разговорной речи. Паралингвистика изучает невербальные аспекты человеческой коммуникации и речи: естественные эмоции, акценты, психофизиологические состояния, особенности произношения, параметры голоса диктора и т.д. Представлена архитектура базовой компьютерной системы акустического паралингвистического анализа, ее основные компоненты и используемые методы обработки речи. Приведена информация о международных соревнованиях по компьютерной паралингвистике Computational Paralinguistics Challenge (ComParE), которые с 2009 года проходят ежегодно в рамках международной конференции INTERSPEECH, организуемой международной ассоциацией по речевой коммуникации ISCA. Представлены задачи (конкурсы), которые решались в рамках данного соревнования в период с 2009 по 2016 гг., а также компьютерные системы, победившие в каждом из проведенных конкурсов, и полученные результаты. Последние завершенные соревнования ComParE-2015 проходили в сентябре 2015 года в Германии и содержали следующие 3 конкурса: 1) распознавание дикторов, которые говорят на родном для них языке (DN); 2) предсказание наличия болезни Паркинсона по речи (PC); 3) автоматическое определение, есть ли человек (диктор) во время говорения или диалога, и классификация вида пиццы (определение одного из 7 типов), которую он принимает в это время. В последнем конкурсе («Eating ConditionSub-Challenge», EC) победу одержала совместная турецко-российская команда авторов данной статьи, которая разработала наиболее эффективную компьютерную систему для определения и классификации соответствующих акустических паралингвистических явлений. В статье представлена архитектура данной системы и основные модели и методы, описаны используемые обучающие и тестовые аудиоданные, а также наилучшие полученные результаты по машинной классификации акустических паралингвистических явлений.

21.01-01.266 Нечеткое отображение в системе сонификации данных беспроводной сенсорной сети. Маржотин А.А., Кривошейкин А.В., Rogozинский Г.Г., Уолли Р. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2016. 16, № 6, с. 1073-1077. Рус.

Постановка проблемы. Приведена модель системы сонификации с учетом возможных типов данных беспроводной сенсорной сети. Для отображения данных в звук использован математический аппарат нечеткой логики. Методы. Разработанная система сонификации включает в себя модель входных данных и ядро синтеза звука. Система реализована в среде PureData. Для нечеткого вывода данных в процессе отображения использован FuzzyLogicToolboxMATLAB. Модель системы имеет возможность отправки данных по протоколу UDP для осуществления сонификации в стороннем приложении. Результаты. Предложен метод организации звукового пространства выходных сигналов системы сонификации при помощи введения нечетких тембральных классов и последующего вывода управляющих характеристик ядра синтеза звука в зависимости от типа входных данных.

21.01-01.267 Прием речевых сигналов в шумовой обстановке с использованием двухэлементных микрофонных решеток. *Столбов М.Б., Тхе Куан Чонг.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2018. 18, № 5, с. 850-857. Рус.

Предмет исследования. Рассмотрены практические вопросы дистанционного приема речевых сигналов в сложной шумовой обстановке с использованием двухэлементных микрофонных решеток (MP2). К настоящему времени теория MP2 хорошо разработана, однако применение MP2 в конкретных условиях требует специального рассмотрения. Методы. Выполнен сравнительный анализ алгоритма суммирования и дифференциального алгоритма обработки сигналов MP2 в частотной области. Основные свойства MP2 с алгоритмом суммирования и дифференциальными алгоритмами исследованы на основе использования аналитических моделей. Проведены экспериментальные исследования алгоритмов на записях, сделанных в безэховой камере и в натуральных условиях. Рассмотрены сценарии точечного когерентного источника и распределенного источников шума. Основные результаты. Результаты экспериментальных исследований показали существенное преимущество дифференциальных алгоритмов обработки сигналов по сравнению с алгоритмом суммирования. Для различных вариантов дифференциальных алгоритмов достигнуто подавление лишнего шума 10–12 дБ. Дополнительным преимуществом дифференциальных алгоритмов является возможность формирования нуля в направлении точечного источника помехи.

21.01-01.268 Исследование двухканального алгоритма MVDR для выделения речи из когерентного шума. *Столбов М.Б., Чонг Тхе Куан.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2019. 19, № 1, с. 180-183. Рус.

Предмет исследования. Рассмотрены особенности реализации двухканального алгоритма минимума дисперсии шума (MVDR) для выделения речи из когерентного шума с использованием двухэлементных микрофонных решеток. Методы. Исследование выполнено с использованием аналитических моделей и записей, сделанных в безэховой камере. Основные результаты. Алгоритм MVDR может быть представлен как комбинация дифференциального алгоритма с адаптивной настройкой нуля в направлении источника когерентной помехи и эквалайзера, выравнивающего пространственно-частотный отклик в направлении целевого источника. Практическая значимость. Полученные результаты могут быть применены при проектировании систем с большим числом микрофонов.

21.01-01.269 Взаимодействие с устройствами интернета вещей с использованием голосового интерфейса. *Шматков В.Н., Бонковски П., Медведев Д.С., Корзухин С.В., Голендухин Д.В., Спыну С.Ф., Муромцев Д.И.* *Научно-технический вестник информацион-*

ных технологий, механики и оптики. 2019. 19, № 4, с. 714-721. Рус.

Предмет исследования. Рассмотрены современные наиболее популярные голосовые ассистенты для управления устройствами интернета вещей, представленные на рынке, такие как Google Cloud Speech-to-Text, Amazon Transcribe, IBM Speech to Text, Yandex SpeechKit. Выявлены их достоинства и недостатки. Для работы голосовых ассистентов необходимо подключение к сети Интернет с целью обработки получаемых данных в «облаке», а также для синхронизации и управления устройствами пользователя. Большой практический интерес могут представлять голосовые ассистенты, которым не требуется наличие подключения к сети Интернет. Метод. Предложена модель организации локального (без использования сети Интернет) распознавания речи с использованием мобильных устройств. В качестве системы распознавания спонтанной речи используется программное обеспечение CMU Sphinx, осуществляющее распознавание речи с одновременным применением акустической и языковой моделей, а также трансляцию распознанной речи в команды, понятные системе, построенной на базе открытой платформы управления устройствами «OpenHab». Предложен подход к описанию грамматик и формированию словаря для распознавания речи. Приведен пример словаря и описания грамматики для речевой системы управления подключенными устройствами. Для тестирования описываемого в статье подхода создан демонстрационный стенд, основой которого является одноплатный персональный компьютер Raspberry Pi с установленным программным обеспечением openHab, и построены устройства интернета вещей на базе микроконтроллеров ESP8266. Основные результаты. Реализовано голосовое управление устройствами интернета вещей, которое осуществляется с применением протокола MQTT. Реализовано взаимодействие с сервером по протоколу HTTP. Проведено тестирование распознавания голосовых команд. Показана возможность практического применения предложенного в статье подхода к распознаванию спонтанной речи.

21.01-01.270 Акустическое моделирование для синтеза казахской речи. *Калиев А.К., Рыбин С.В.* *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2019. 19, № 5, с. 951-954. Рус.

Представлена новая конструкция генеративно-состязательной сети для обучения акустической модели синтеза речи. Предлагаемая конструкция состоит из генератора и двух дискриминаторов, где генератор предсказывает акустические параметры из лингвистического представления. Обучение и тестирование производились на корпусе казахского языка, который состоял из 5,6 ч записи речи. По результатам экспериментов была получена 3,46 средняя экспертная оценка, что говорит о достаточно приемлемом качестве синтезе речи. Данный подход может быть применен при создании технологий синтеза речи для других языков.

Компьютерный эксперимент и численное решение классических линейных задач

См. 21.01-01.224

Компьютерный эксперимент и численное решение нелинейных задач

См. 21.01-01.224

Обработка акустических изображений

См. 21.01-01.163

Действие акустических колебаний на биологические среды и живые организмы

21.01-01.271 Влияние траектории перемещения фокуса на равномерность температурного поля при импульсном воздействии мощного ультразвукового пучка на биологическую ткань. *Пестова П.А., Карзова М.М., Юлдашев П.В., Хохлова В.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 320-325. Рус.

В методе гистотрипсии с кипением ударно-волновое ультразвуковое воздействие применяется для механического разрушения задаваемых объемов биологической ткани. При таком воздействии важным является отсутствие эффектов тепловой денатурации, однако нагрев ткани неизбежен за счет поглощения энергии ультразвукового пучка. Актуальная задача состоит в выборе оптимального протокола облучения в режиме гистотрипсии с кипением, при котором пиковые температуры в области облучаемого объема будут наименьшими, а температурное поле наиболее равномерным. В работе был проведен численный эксперимент по облучению образца ткани печени *ex vivo* методом гистотрипсии с кипением с помощью терапевтической решетки клинической системы MRg HIFU Sonalleve V2. Фокусировка ультразвукового пучка описывалась с помощью уравнения Вестервелта, а температурное поле моделировалось с помощью неоднородного уравнения теплопроводности. Рассматривались траектории облучения ткани, состоящие из дискретных фокусов, расположенных на концентрических окружностях. Было показано, что выбор протокола облучения, при котором временной интервал между повторным облучением одной и той же точки фокуса был наибольшим, обеспечивает более однородную структуру температурного поля.

Распространение акустических волн в тканях и органах

21.01-01.272 Влияние широкополосного шума на слуховые вызванные потенциалы ствола мозга мыши. *Акимов А.Г., Егорова М.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 275-280. Рус.

Выполнено исследование эффектов продолжительного воздействия белого шума на слуховые потенциалы ствола мозга (СВП) домовой мыши, вызванные звуковыми щелчками. Уровень шума составлял 107 дБ УЗД, продолжительность воздействия 3, 6 или 14 часов. Озвучивание мышей в течение трех–шести часов приводило к повышению порогов СВП в среднем на 20 дБ. Амплитуда пиков СВП при этом уменьшалась в 2–2,5 раза. Шумовое воздействие в течение 14 часов вызывало существенную потерю слуха экспериментальных животных. Пороги СВП увеличивались не менее чем на 40 дБ, вплоть до полной глухоты. Амплитуда пиков СВП падала в 5–10 раз.

21.01-01.273 Диагностика скелетных мышц методом эластографии сдвиговой волны. *Иванова А.Д., Крит Т.Б., Камалов Ю.Р. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 300-304. Рус.

С помощью стандартного ультразвукового оборудования измерены значения модуля сдвига в двуглавых мышцах плеч добровольцев при нагрузках от 0 до 50 Н. Измерения проведены методами ARFI и эластографии сдвиговой волны в клинике в соответствии с медицинским протоколом. Для создания нагрузки испытуемый доброволец удерживал спортивный снаряд известной массы. При помощи ультразвукового датчика в мышце возбуждалась сдвиговая волна на заданной глубине. Регистрировалась скорость распространения сдвиговой волны в сечении мышцы, определяемом положением датчика. Измеренный методом эластографии модуль сдвига мышечных волокон растёт при увеличении нагрузки от 10 до 60 кПа и возвращается к 10 кПа спустя 1 минуту после снятия нагрузки. Методом ARFI результат подтверждён.

21.01-01.274 Определение массового расхода крови

в кровеносном сосуде по собственным частотам изгибных колебаний. *Тимербулатов Ш.В., Хакимов А.Г. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 340-344. Рус.

Исследованы собственные изгибные колебания кровеносного сосуда с движущейся кровью, находящегося под действием растягивающей силы и давления в сосуде. С помощью формул Феррари определяются волновые числа, а используя граничные условия находится частотное уравнение. По двум частотам изгибных колебаний можно определить скоростной параметр, относительную массу крови на единицу длины кровеносного сосуда и как следствие массовый расход крови по кровеносному сосуду. Полученные результаты могут быть использованы для акустического метода определения скорости крови, относительной массы крови на единицу длины кровеносного сосуда и массового расхода крови по кровеносному сосуду.

См. также **21.01-01.65**

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

См. **21.01-01.51, 21.01-01.52, 21.01-01.102**

Речеобразование и восприятие речи

21.01-01.275 Применение полигармонических моделей для определения пространственных признаков речи. *Астапов С.С., Лаврентьев А.В., Кабаров В.И. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 350-355. Рус.

Идентификация диктора на дальнем микрофоне затрудняется искажениями признаков речи при неопределённом расположении диктора в пространстве относительно микрофона. Применение микрофонных решеток для записи речи позволяет определять направление к источникам речи, а также производить полную локализацию диктора. Пространственная информация дополняет речевые признаки, что способствует повышению качества идентификации. Акустическая локализация, однако, затрудняется при наличии в помещении шумов и посторонних источников звука. Данная работа рассматривает возможность применения полигармонических моделей для адаптивного определения частотного паттерна речи и проведения акустической локализации дикторов по выделенным частотным полосам. Результаты исследования показывают, что применение полигармонических моделей повышает качество локализации дикторов на фоне посторонних шумов по сравнению с широкополосной локализацией, что в свою очередь повышает точность пространственных признаков речи.

21.01-01.276 Певческая основа русской диалектной речи. *Гутова С.Ю. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 356-360. Рус.

Работа посвящена исследованию речевой зоны аутентичных тембров в момент пения, говорения и «голошения». Выявлено, что бытовой говор русских этнофоров имеет схожие амплитудно-частотные характеристики с вокальной речью традиционного аутентичного пения. С акустической точки зрения это родство характеризуется завышенной областью средней певческой форманты, активного спектра 4500–5000 Гц, преобладанием частоты ≈ 700 Гц. Таким образом, процессы говорения и пения для деревенских носителей языка тождественны. Исключительным качеством фольклорного темброинтонирования является наличие рече-певческой позиции (РПП) как неотъемлемой черты аутентичной фонации, обладающей определенными акустическими особенностями.

21.01-01.277 Акустика речи. Особенности консонантизма русскоговорящих иностранцев. *Крейчи С.А., Кедрова Г.Е. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г.* СПб.:

ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 368-373. Рус.

При изучении иностранного языка фонетическая система родного языка часто интерферирует с фонетической системой изучаемого языка. Это может приводить к остаточным иноязычным явлениям в речи на изучаемом языке. В работе исследовались особенности консонантизма в речи иностранцев, изучающих русский язык на филологическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова. Материалом служила русская речь носителей 14 иностранных языков, содержащаяся в базе данных звучащей речи, разработанной в лаборатории фонетики и речевой коммуникации. Изучался характер отклонений от русской произносительной нормы в сочетаниях согласных, различающихся по месту образования, активному органу и внутриклассовым признакам (глухость/звонкость, твердость/мягкость). Для сравнительного анализа использовался аналогичный звуковой материал, начитанный носителями русского языка с нормативным литературным произношением. У носителей различных иностранных языков выявлен характер нарушений законов нормативного произношения согласных звуков русской речи, таких как оглушение звонких на конце слова перед паузой, ассимиляция по глухости в сочетаниях звонкий — глухой и ассимиляция по звонкости в сочетаниях глухой — звонкий. Полученные результаты демонстрируют критическую роль различий в артикуляторной базе родного и изучаемого языка (русский язык) для проявления иноязычного акцента.

21.01-01.278 Автоматическое распознавание пола и возраста человека с помощью нейронных сетей с временной задержкой на основе акустических признаков. *Маркитантов М.В., Карпов А.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 374-380. Рус.

Распознавание пола и возраста человека по голосу является важной задачей в области компьютерной паралингвистики, а также идентификации и верификации дикторов. Существующие системы пока не позволяют достичь высокой точности распознавания голосовых характеристик диктора. При этом с ростом объема обучающих речевых данных и их разнообразием целесообразно применять глубокие нейронные сети. В данной работе мы исследуем различные нейросетевые модели, в частности, сверточные нейронные сети и нейронные сети с временными задержками сигнала. Мы применяем недавно предложенную архитектуру нейронной сети, которая позволяет извлечь х-векторы, в задаче распознавания пола и возраста диктора. Эта архитектура отображает высказывание переменной длины в вектор фиксированного размера, который сохраняет всю информацию о последовательности. Это достигается с помощью статистической подвыборки. Кроме того, мы исследуем такие акустические признаки, как MFCC и спектрограммы. Обучение и экспериментальные исследования предложенных алгоритмов производилось на представительном корпусе немецкой речи aGender. Мы также проводим сравнение результатов представленной системы с лучшими системами по распознаванию пола и возраста диктора, известными из современной литературы. Предложенные нейросетевые подходы позволили достичь наилучшего результата в задаче автоматического распознавания пола и возраста диктора в сравнении с существующими классическими подходами.

21.01-01.279 Особенности восприятия конкурирующих речевых сигналов в норме и при нарушениях слухоречевой функции. *Огородникова Е.А., Пак С.П., Столярова Э.И., Лабутина О.В. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 381-384. Рус.

Работа направлена на изучение особенностей слухового анализа речевых сигналов при их перцептивной конкуренции и неблагоприятном воздействии окружающей среды. В первой части процессы выделения и распознавания целевых речевых сигналов исследовали в условиях голосовой конкуренции (одновременное произнесение слов дикторами мужского и женского пола) у школьников и взрослых аудиторов с нормой слуха и с нарушениями слухоречевой функции (нарушения речи, тугоухость, кохлеарная имплантация). Выявлены различия между группами сравнения, а также потенциал направленного слухо-

вого тренинга. Во второй части исследования дополнительная группа взрослых испытуемых с нормой слуха проходила дихотическое тестирование (межполушарная конкуренция речевых сигналов) в условиях гипоксической пробы. Под воздействием гипоксии зафиксированы изменения латеральных характеристик восприятия речи с превалированием правостороннего выбора (правое ухо) и ухудшение показателей слухоречевой памяти. Результаты работы могут быть использованы при решении задач медицинской реабилитации и специального образования.

21.01-01.280 Влияние психофизиологических показателей испытуемых на успешность распознавания речевого материала в перцептивном эксперименте. *Григорьев А.С., Городный В.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 385-389. Рус.

Изучалась связь между психофизиологическими характеристиками аудиторов и успешностью выполнения заданий перцептивного эксперимента. Метод перцептивного эксперимента широко применяется в исследовании различных аспектов речи детей с типичным и атипичным развитием. На основании статистического анализа выявлены связи между психофизиологическими характеристиками аудиторов — носителей русского языка: профилем функциональной латеральной асимметрии, показателями сформированности фонематического слуха, коэффициентом латерального предпочтения по речи и др. и успешностью распознавания пола и возраста детей, психоневрологическое состояние детей (типичное развитие — нарушения развития), степенью выраженности нарушений у детей с атипичным развитием.

21.01-01.281 Использование спектрографического и электроглоттографического методов для определения значений частоты основного тона. *Ляжко Е.Е., Григорьев А.С., Фролова О.В., Николаев А.С. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 390-394. Рус.

В рамках исследования по выявлению акустических признаков речевого сообщения, которые могли бы быть использованы в качестве биологических маркеров заболевания, проведен спектрографический анализ речи и электроглоттографическое исследование взрослых информантов и типично развивающихся детей разного возраста. Представлены данные пилотного исследования. Определены связи между значениями частоты основного тона и показателем работы голосовых складок информантов (коэффициентом, отражающим процент колебательных циклов, в которых голосовая щель полностью смыкается) при произнесении разного речевого материала. Прослежена возрастная динамика и гендерная специфичность анализируемых показателей.

21.01-01.282 Распознавание эмоционального состояния детей по характеристикам речи. *Фролова О.В., Городный В.А., Ляжко Е.Е. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 395-399. Рус.

С целью изучения отражения эмоционального состояния в речи проведена разработка методики по вызову различных эмоциональных состояний у детей 8—10 лет. Произведена видеозапись поведения и аудиозапись речи детей в модельных ситуациях, речевой материал аннотирован на эмоциональные состояния — печаль, радость, гнев и нейтральное (спокойное) состояние. Проведен перцептивный анализ, в котором приняли участие аудиторы — носители русского языка и других языков, спектрографический анализ речи детей в четырех указанных эмоциональных состояниях. В работе обсуждается связь между акустическими характеристиками речи ребенка и возможностью правильного распознавания эмоционального состояния разными группами аудиторов.

21.01-01.283 Влияние неидентичности микрофонов на характеристики микрофонных решеток. *Перельгин С.В., Кривошейкин А.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. 16, № 1, с. 133-138. Рус.*

Предмет исследования. Рассмотрены способы обеспечения

идентичности каналов микрофонов, используемых в микрофонных решетках. Разработана методика расчета разницы чувствительностей микрофонов, влияющей на степень подавления мешающего сигнала, применительно к задаче пространственного разделения широкополосных речевых сигналов. Методы. Теоретические и экспериментальные исследования базируются на использовании аппарата дискретного преобразования Фурье, методов вычислительной математики, математического моделирования. Основные результаты. Представлены аналитические выражения в замкнутой форме, получены теоретические зависимости, связывающие степень подавления мешающего сигнала с разницей в чувствительностях микрофонов. Моделирование, выполненное в среде MATLAB (версия 7), подтвердило справедливость полученных теоретических результатов. В ходе моделирования получена экспериментальная зависимость степени подавления мешающего сигнала от разницы в чувствительностях микрофонов. Эта зависимость позволяет определить допуск на отличие амплитудно-частотных характеристик микрофонов, при котором будет гарантировано требуемое подавление мешающего сигнала при выделении полезного сигнала. Практическая значимость. Результаты работы могут найти применение при проектировании устройства выделения речи целевого диктора из шумов из смеси голосов.

21.01-01.284 Кавказские дореволюционные звукозаписи как объект научного исследования. *Соколова А.Н. Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2019, № 4, с. 173-180. Рус.*

Представлена часть материалов, полученных в результате многолетней собирательской работы в архивах России и Великобритании: списки осетинского музыкального фольклора, запечатленного на виниловых дореволюционных дисках. Цель декларировать необходимость научного исследования дореволюционных звукозаписей, позволяющих реконструировать музыкальную ауру столетней давности, иметь стартовые источники для наблюдения и понимания эволюционных процессов в развитии традиционной культуры, в том числе в развитии музыкальных и вербальных текстов. Изучение старинных пластинок важно также с точки зрения региональной истории, краеведения, культурной антропологии, социологии культуры, фольклористики и этномузыкознания. Обнаруженные архивные источники откроют науке новые имена исполнителей, забытые музыкальные жанры, интересные темы и сюжеты.

21.01-01.285 Акустическая вариативность речевого сигнала как фактор информационной безопасности систем автоматического распознавания речи с настройкой на голос пользователя. *Савченко В.В. Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. 2020, 63, № 10, с. 620-631. Рус.*

Рассмотрен феномен акустической вариативности речевого сигнала в системах автоматического распознавания речи. Исследованы две ее разновидности: внутри- и междикторская вариативность речи. Для их математического описания и сопоставления по величине применена вероятностная кластерная модель минимальных речевых единиц в информационной метрике Кульбака—Лейблера. На ее основе получены теоретические оценки акустической вариативности речевого сигнала для каждой ее разновидности в отдельности, описан и количественно охарактеризован эффект защиты информации в системах с настройкой на голос санкционированного пользователя. Показано, что внутридикторская вариативность пренебрежимо мала по своей величине по сравнению с междикторской вариативностью речи, и поэтому не оказывает заметного вредного влияния на эффективность автоматического распознавания речи. Для подтверждения и развития результатов теоретического исследования поставлен вычислительный эксперимент, в рамках которого рассмотрены два речевых потока от двух разных дикторов. При его проведении использовано авторское программное обеспечение. По результатам эксперимента установлено, что уровень междикторской вариативности речи в ряде случаев выходит за рамки межфонемных различий в пределах однородного речевого потока. Поэтому в системах с настройкой на голос диктора, эффект от акустической вариативности речевого сигнала не только однозначно

в целом положителен, а именно: это защита информации от несанкционированного доступа, но и значителен в теоретико-вероятностном отношении. Полученные результаты предназначены для использования при разработке новых и модернизации существующих систем автоматического распознавания речи, рассчитанных на работу в автономном режиме. DOI: <https://doi.org/10.20535/S0021347020100039>.

См. также **21.01-01.230, 21.01-01.231, 21.01-01.232, 21.01-01.233, 21.01-01.234, 21.01-01.235, 21.01-01.236, 21.01-01.237, 21.01-01.239, 21.01-01.241, 21.01-01.242, 21.01-01.243, 21.01-01.244, 21.01-01.245, 21.01-01.246, 21.01-01.247, 21.01-01.248, 21.01-01.249, 21.01-01.250, 21.01-01.252, 21.01-01.253, 21.01-01.255, 21.01-01.256, 21.01-01.257, 21.01-01.258, 21.01-01.259, 21.01-01.260, 21.01-01.261, 21.01-01.262, 21.01-01.264, 21.01-01.265, 21.01-01.267, 21.01-01.268, 21.01-01.269, 21.01-01.270**

Физиологическая и психологическая акустика

21.01-01.286 Нейронные реакции коры мозга кошки на звуки, поступающие с фронтального направления (методические аспекты). *Вибиков Н.Г., Низамов С.В., Пигарев И.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 281-284. Рус.*

Регистрировали нейронную активность слуховой коры кошки без применения наркотизирующих или седативных средств. Сигналы излучали высокочастотным громкоговорителем, расположенным непосредственно перед головой животного. Реакции одиночных элементов выделяли по форме импульсов в программе Spike2. Использовали специализированные программы для анализа фоновой и вызванной активности клеток.

21.01-01.287 Дифференциальные пороги слуха при локализации движущихся и неподвижных источников звука в различных условиях. *Ситдиков В.М., Геоздева А.П., Андреева И.Г. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 336-339. Рус.*

Выполнена оценка порогов пространственного слуха на расстояниях 1–4 м типичных для коммуникации. Исследование проведено в условиях свободного поля в звукоизолированной анэхоидной камере с участием группы из 15 взрослых испытуемых с нормальным слухом. Изменение положения неподвижного широкополосного источника или его движение по радиальной координате моделировалось путем противонаправленных изменений интенсивности звука одновременно на двух динамиках, расположенных напротив испытуемого на разных расстояниях. Измерения величины порогов были проведены адаптивным психоакустическим методом. Средние по группе значения порогов по расстоянию для неподвижного и движущегося источников звука составили 9 и 19% и согласуются с результатами полученными методом постоянных рядов, применявшимся ранее.

Акустика эхолоцирующих животных

См. **21.01-01.131**

Звукообразование и восприятие акустических сигналов животными

21.01-01.288 Стимул-специфическая адаптация в реакциях нейронов высших слуховых центров мозга мыши. *Егорова М.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 295-299. Рус.*

Выполнено нейрофизиологическое исследование стимул-специфической адаптации нейронов слухового центра среднего мозга и слуховой коры домашней мыши. На фоне адаптации к последовательности из четырех идентичных тональных сигналов, имитирующих временную структуру серий криков дискорфорты мышат, мышам предъявляли пятый стимул, отличающийся

от первых четырех только по частоте. Как в слуховом центре среднего мозга, так и в первичных полях слуховой коры, это приводило к освобождению от адаптации в ответах нейронов на пятый стимул, т. е. величина ответа на пятый стимул превышала ответы на второй—четвертый стимулы.

21.01-01.289 Акустическая структура низкочастотных вокализаций домашней мыши (*Mus musculus*). *Лупанова А.С., Егорова М.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 315-319. Рус.*

Выполнен спектрально-временной анализ низкочастотных вокализаций домашних мышей — гибридов линий СВА и С57BL/6. Произведена аудио-видео регистрация акустического поведения половозрелых мышей при имитации элементов агонистического и полового поведения и мышат при излучении ими гнездового крика дискомфорта. По результатам спектрально-временного анализа выявлены наиболее стабильные характеристики всех исследованных сигналов: высокая интенсивность, гармонический каркас крика, число основных формант (3—5), сосредоточение основной энергии сигнала в полосе частот до 35 кГц, расположение основной частоты в низкочастотном диапазоне слуховой чувствительности мыши (2—5 кГц).

21.01-01.290 Анализ временной структуры сигналов бедствия некоторых видов птиц. *Силаева О.Л., Вараксин А.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 332-335. Рус.*

Исследованы ритмические структуры сигналов бедствия опасных для полётов авиации видов птиц. Известно, что используемые в аэродромной среде для управления поведением

птиц сигналы с урезанными паузами не дают длительного положительного эффекта, а в некоторых случаях вызывают ориентировочную реакцию приближения птиц к источнику звука. Показано, что ритмические структуры, представляющие собой ритмический цикл «импульс — пауза», имеют информационное значение для птиц. Анализ просодических характеристик сигнала необходим также для создания универсального синтезированного сигнала управления поведением смешанных стай птиц. Начаты экспериментальные работы по изучению воздействия на птиц естественных сигналов бедствия скворцовых, чайковых и врановых на основе новейшего звуковоспроизводящего оборудования АИ 300 для последующего использования результатов не только в авиационной экологии, но и в других экологохозяйственных ситуациях.

21.01-01.291 Мониторинг временного и пространственного распределения звуковой активности раков-щелкунов на шельфе Черного моря. *Бибиков Н.Г., Попов О.Е., Кенигсбергер Г.В., Иванов М.П., Макушев И.В., Нешенко И.П., Серебряный А.Н. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 704-708. Рус.*

Исследовались высокочастотные сигналы, генерируемые раками-щелкунами в нескольких акваториях восточного побережья Черного моря. Изучались характеристики этих сигналов и распределение раков-щелкунов по акватории. Подробно изучено временное распределение сигналов и проведена акустическая идентификация отдельных особей. Ключевые слова: высокочастотные шумы, морской шельф, раки-щелкуны, идентификация объекта.

См. также **21.01-01.272**

Физические основы технической акустики

Устройства для генерации, репродукции, приема акустических сигналов

См. **21.01-01.143, 21.01-01.144, 21.01-01.171, 21.01-01.284**

Акустические измерения и аппаратура

21.01-01.292 Расчет акустических характеристик автомобильных зеркал. *Замотин К.Ю. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2008. 8, № 6, с. 338-347. Рус.*

Целью работы являлась разработка инструмента, позволяющего получать акустические характеристики объекта, обдуваемого воздушным потоком, средств, которые позволили бы рассчитывать аэроакустические свойства автомобильных зеркал (и не только) различной формы, провести сравнение расчетных данных с экспериментальными.

21.01-01.293 Автономная навигация мобильного робота на основе ультразвукового датчика измерения расстояний. *Костишин М.О., Жаринов И.О., Сулов В.Д. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. 13, № 2, с. 162-163. Рус.*

Рассматривается задача автономного управления мобильным роботом на основе единичного ультразвукового датчика измерения расстояний.

21.01-01.294 Измерение параметров дыхания датчиком воздушных потоков. *Кормилицын А.Ю., Ханков С.И., Скорубский В.И. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. 13, № 3, с. 122-128. Рус.*

Рассматриваются задачи анализа и исследования параметров нового датчика воздушных потоков. Приведены результаты экспериментальных исследований датчика и сравнения его параметров с существующими в клинической практике датчиками. Сравнение выполняется по ряду параметров (частот-

ное распределение спектральной плотности сигнала, реакция датчика на акустические воздействия, линейность и инерционность датчика; реакция датчика на энергию потока с регулируемой температурой; влияние жесткости конструкции). Ключевые слова: спирометрические измерения, амплитудно-частотные характеристики, линейность и инерционность, чувствительность.

21.01-01.295 Массовый расходомер жидкостей. *Наумчик И.В., Кинжагулов И.Ю., Крень А.П., Степанова К.А. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. 15, № 5, с. 900-906. Рус.*

Предмет исследования. Рассмотрены вопросы определения массового расхода агрессивных и нестабильных жидкостей с учетом их фактической плотности. Методы. Предложен экспериментально-теоретический метод исследования для обоснования облика массового расходомера жидкостей с помощью сужающего устройства на основе трубы Вентури. Основные результаты. Разработана новая конструкция массового расходомера с применением сужающего устройства на основе трубы Вентури, которая отличается использованием устройства для измерения плотности жидкости, что позволяет определить ее массовый расход. Массовый расходомер жидкостей обладает универсальностью благодаря комбинированному составу, в конструкции которого меняется только сужающее устройство, рассчитанное для заданного состава жидкости. Полученные зависимости скорости звука от концентрации контролируемой жидкости позволили определить ее фактическую плотность и перейти к расчету массового расхода.

21.01-01.296 Алгоритм обнаружения приближающегося поезда. *Бибиков С.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015. 15, № 5, с. 950-953. Рус.*

Представлен алгоритм обнаружения виброакустических колебаний рельса, вызванных приближением поезда, на фоне повышенных шумов. Обоснована актуальность разработки алгоритма обнаружения поезда при повышенных шумах рельса, когда

железнодорожные пути находятся вблизи автомобильных дорог и пересечений. За основу взят метод обнаружения слабого сигнала в зашумленной среде. Уточнено конечное выражение информационной статистики. Приведены результаты исследований алгоритма и испытаний устройства оповещения о приближении поезда, использующего приведенный алгоритм. Алгоритм подготовлен для модернизации устройства оповещения о приближении поезда «Сигнализатор-II».

21.01-01.297 Пожаробезопасные упругие связи судовых энергетических установок и их элементов. *Минасян А.М. Морской вестник.* 2012, № 1S, с. 66-69. Рус.

Об опыте создания и применения пожаробезопасных цилиндрических канатных виброизоляторов, выполненных в виде цилиндра, как имеющих ряд преимуществ. Приведен расчет размеров различных компоновочных схем этих виброизоляторов. На их основе можно приступать к разработке чертежей. Ключевые слова: пьезокерамические элементы, ультразвуковые колебания, формообразование, микроструктура, электрофизические параметры.

21.01-01.298 Тестирование экспериментального стенда "Аллигатор 2М" и определение собственных частот упругой ленты с шариками, закреплённой на концах. *Асташев В.К., Сергов Н.А., Пась О.В. Вестник научно-технического развития.* 2020, № 9, с. 3-17. Рус.

Приведены результаты тестирования экспериментального стенда "Аллигатор 2М" для исследования динамических эффектов в распределенных системах с многими параллельными ударными парами.

21.01-01.299 Обеспечение работоспособности акустических расходомеров вне пределов оптимальных значений расхода жидкости. *Латин М.В., Гринин А.О., Шкарик К.В., Сури К. Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования.* 2019, 20, № 2, с. 147-154. Рус.

Статья посвящена проблеме измерения расхода жидкости с помощью акустических приборов. Производители расходомеров устанавливают допустимый диапазон измерений (номинальный), в пределах которого погрешность измерения является минимальной, поэтому для подобных устройств диапазон измерений ограничен, а погрешность измерений при работе на нерасчетных режимах является неприемлемой. Основной задачей исследования является расширение диапазона измерения расхода акустических счетчиков жидкости, а также повышение точности измерения. В.А. Фафурин и М.К. Галеев в своей работе «Расчет корректирующего коэффициента ультразвукового расходомера» уже рассматривали проблему измерения расхода акустических приборов. В их исследовании был представлен метод расчета корректирующего коэффициента, который зависел от режима потока в трубе. Однако данная технология применима для труб, в которых не происходит изменение режима потока. В данной же статье авторы предлагают использовать коэффициент, имеющий функциональную зависимость от величины расхода, полученную эмпирическим путем. В статье описаны этапы проведения исследования: методика поверки прибора, способы анализа и обработки данных поверки при помощи ЭВМ, алгоритм внедрения системы измерения в энергоустановки, проверка работоспособности системы. Представленная в статье система позволяет расширить диапазон измерения акустических расходомеров и повысить точность измерения. Предложенная модель будет полезна для предприятий.

См. также **21.01-01.69, 21.01-01.79, 21.01-01.198, 21.01-01.258, 21.01-01.260, 21.01-01.283**

Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

21.01-01.300 Оценка мгновенной частоты спектральных составляющих нестационарного виброакустического сигнала оконным методом Прони. *Кечик Д.А. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21—25 сентября 2020 г.* СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 522-528. Рус.

Предлагается метод оценки мгновенной частоты спектраль-

ных компонентов нестационарного сигнала, основанный на оконном авторегрессионном анализе. В сочетании с известными частотно-временными методами, к примеру, вейвлет-анализом, возможно повысить разрешающую способность преобразования, уменьшить дисперсию ошибки оцениваемых параметров. В выбранных по максимуму энергии частотно-временных окнах оцениваются коэффициенты авторегрессии. На основании полученных оценок методом Прони рассчитываются частоты присутствующих в окне компонентов. Выбранные окна переключаются по времени, и оценка мгновенной частоты в каждый момент выбирается по минимуму соответствующих ошибок аппроксимации авторегрессионной модели. Показана высокая надежность метода при низких отношениях сигнал-шум. Ключевые слова: цифровая обработка сигналов, виброакустическая диагностика, вейвлет-преобразование, ЛЧМ, банк фильтров, авторегрессия, метод Прони.

21.01-01.301 Эффект Кайзера при многоосном непропорциональном сжатии песчаника. *Пантелеев И.А., Мубассарова В.А., Зайцев А.В., Карев В.И., Коваленко Ю.Ф., Устинов К.Б., Шевцов Н.И. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2020, 495, № 1, с. 63-67. Рус.

На Испытательной системе трехосного независимого нагружения ИПМех РАН проведено экспериментальное исследование закономерностей деформирования и разрушения песчаника при непропорциональном двух- и трехосном циклическом сжатии с вариациями ориентации эллипсоида Ламе и непрерывной регистрацией акустической эмиссии. Обнаружено, что проявление эффекта Кайзера в текущем цикле многоосного непропорционального сжатия зависит от характера изменения размера, формы и ориентации эллипсоида Ламе относительно предыдущего цикла. Эффект Кайзера наблюдается в случае, если материал ранее уже был подвержен активному нагружению, соответствующему заданной ориентации эллипсоида напряжений. Степень проявления указанного эффекта определяется характером изменения формы этого эллипсоида.

21.01-01.302 Перспективные малоинвазивные роботизированные комплексы параллельной структуры. *Велиев Е.И., Ганиев Р.Ф., Глазунов В.А., Филипов Г.С. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2020, 495, № 1, с. 84-88. Рус.

Рассматривается современное состояние роботизированных ассистирующих комплексов в малоинвазивной хирургии. Предложены три различных манипулятора для роботизированной хирургии, отличающиеся от известных зарубежных аналогов рядом преимуществ.

21.01-01.303 Всевидящий ультразвук. *Пензина А.И. В мире науки.* 2020, № 7, с. <https://sciam.ru/articles/details/vsevidyashhij-ultrazvuk>. Рус.

Разработки томских ученых и инженеров в области неразрушающего контроля можно встретить в самых разных странах. Приборы помогают искать дефекты в важнейших деталях газопроводов, самолетных двигателей, на границе Малайзии и Сингапура — проверять крупногабаритные грузы. Инженерная школа неразрушающего контроля в Томском политехническом университете сегодня входит в топ-10 организаций неразрушающего контроля России, а ее разработки позволили томскому вузу войти в число крупнейших экспортеров страны. О том, какие научные исследования лежат в основе этих разработок, рассказал руководитель инженерной школы и Международной научнообразовательной лаборатории неразрушающего контроля ТПУ кандидат технических наук Дмитрий Андреевич Седнев.

21.01-01.304 Акустоэмиссионный контроль электротехнического фарфора. *Никольская Т.С., Кириллов Д.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2005, 5, № 2, с. 291-295. Рус.

На базе линейной механики разрушения обоснован неразрушающий экспресс-метод определения разрушающей нагрузки L_R . Метод опробован на электротехническом фарфоре.

21.01-01.305 Анализ результатов контроля технических изделий методом акустической эмиссии. *Лузи-*

на **Н.П.** *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2011. 11, № 3, с. 78-83. Рус.

Классификация источников акустической эмиссии (АЭ) при выполнении контроля производственного объекта является одним из наиболее важных и принципиальных этапов АЭ-метода. Рассмотрены основные критерии оценки источников акустической эмиссии. Результаты анализа полученных из эксперимента данных показывают выполнение оценочных критериев при повторном нагружении. Также приводятся результаты анализа интенсивности АЭ-импульсов при полном испытании. Ключевые слова: акустическая эмиссия, график нагружения, критерии акустической эмиссии, давление, преобразователи (датчики) акустической эмиссии.

21.01-01.306 Применение нематических жидких кристаллов для визуализации структурных дефектов кварцевых резонаторов. **Габараев О.Г., Куропоров Ю.И., Томилин М.Г.** *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2011. 11, № 4, с. 39-43. Рус.

Описано применение нематических жидких кристаллов (НЖК) для визуализации структурных дефектов в кварцевом элементе резонатора промышленного производства. Объектом исследования были структурные неоднородности в кристаллическом кварце, как природного происхождения, так и возникающие в процессе технологических операций. Проведено сравнение метода НЖК с методами травления, рентгеновской и акустической дефектоскопии. Показано, что предложенный метод НЖК является неразрушающим по сравнению с методом травления; точнее акустического метода и позволяет в отличие от него дать интегральную картину свойств изучаемой области поверхности; является экспрессным и более дешевым по сравнению с рентгеновским методом. Метод НЖК можно рассматривать как независимый метод, дающий дополнительную информацию о свойствах поверхности изучаемых объектов. Ключевые слова: жидкие кристаллы, дефектоскопия, поверхность, структурные неоднородности, неразрушающий контроль, кристаллический кварц.

21.01-01.307 Контроль качества сварных соединений в процессе сварки с применением метода акустической эмиссии. **Баринов А.В., Федоров А.В., Кинжагулов И.Ю., Сергеев Д.С., Доренская А.В.** *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2013. 13, № 5, с. 144-148. Рус.

Рассмотрена проблема обеспечения контроля качества сварных соединений в процессе сварки. Для контроля качества предложен метод акустической эмиссии с набором возможных методов фильтрации сигналов. Проведен анализ имеющихся методов, на основе которого выбраны наиболее информативные. Представлены методы анализа полученных сигналов по скорости нарастания переднего фронта и по форме сигнала. Информативность выбранных методов подтверждена экспериментально. Представлены данные, полученные в ходе эксперимента, показывающие изменения характеристик сигналов при имитации дефектов (вставки Ti,W) в процессе сварки.

21.01-01.308 Автоматизированный лазерно-ультразвуковой метод контроля качества паяных соединений сопел камер жидкостных ракетных двигателей. **Сергеев Д.С., Федоров А.В., Баринов А.В., Астрединова Н.В.** *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2016. 16, № 1, с. 139-149. Рус.

Рассмотрена проблема контроля качества паяных соединений сопел камер жидкостных ракетных двигателей. Сопло камеры жидкостного ракетного двигателя представляет собой ответственное изделие, работающее в условиях высокого давления и градиента температур, обладающее сложной геометрической формой, и состоит из большого количества фрезерованных каналов. Проведен анализ существующих методов решения проблемы контроля качества паяных соединений сопел камер жидкостных ракетных двигателей. Обоснована необходимость разработки автоматизированного лазерно-ультразвукового метода контроля паяных соединений сопел камер жидкостных ракетных двигателей. Проведен анализ существующих автоматизированных средств ультразвукового контроля и факторов, влияющих на точность контроля. Разработан макет автоматизированной лазерно-ультразвуковой установки неразрушающего контроля качества паяных соединений сопел камер жидкостных ракетных двигателей. Для программного управления механизмами перемещения датчика при сканировании внутренней поверхности сопла камеры жидкостного ракетного двигателя и его позиционирования предложено применение трехслойной нейронной сети. Разработан адаптивный алгоритм проведения автоматизированного контроля качества паяных соединений. Предложен способ интегральной оценки качества паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей. В процессе исследований была разработана методика автоматизированных измерений геометрических характеристик дефектов и контроля качества паяных соединений сопел камер жидкостных ракетных двигателей. Апробация разработанной методики проводилась на трехкоординатном автоматизированном стенде.

яющих на точность контроля. Разработан макет автоматизированной лазерно-ультразвуковой установки неразрушающего контроля качества паяных соединений сопел камер жидкостных ракетных двигателей. Для программного управления механизмами перемещения датчика при сканировании внутренней поверхности сопла камеры жидкостного ракетного двигателя и его позиционирования предложено применение трехслойной нейронной сети. Разработан адаптивный алгоритм проведения автоматизированного контроля качества паяных соединений. Предложен способ интегральной оценки качества паяных соединений камер жидкостных ракетных двигателей. В процессе исследований была разработана методика автоматизированных измерений геометрических характеристик дефектов и контроля качества паяных соединений сопел камер жидкостных ракетных двигателей. Апробация разработанной методики проводилась на трехкоординатном автоматизированном стенде.

21.01-01.309 Влияние акустических колебаний ультразвукового диапазона на прочностные свойства текстильных материалов в процессах сушки. **Марущак А.С., Жерносок С.В., Ольшанский В.И.** *Вестник Уфимского государственного технологического университета*. 2019, № 2, с. 44-51. Рус.

Представлены результаты проведенных экспериментов процесса сушки, установлено влияние режимных параметров обработки в условиях воздействия акустических колебаний ультразвукового диапазона на прочностные свойства текстильных материалов, что может быть использовано при разработке практических рекомендаций по повышению показателей прочностных свойств изделий. Установлено, что в процессах сушки существует «пороговое» значение мощности излучателя, обеспечивающее при обработке максимальную прочность для конкретного материала. При превышении этого значения прочность образцов начинает снижаться, что свидетельствует о повреждении микроволокон материала. Показаны результаты исследований и обработка экспериментальных данных в виде эмпирических уравнений и графиков, которые могут использоваться в инженерной практике при выборе режимов ультразвуковой термической обработки и сушки.

21.01-01.310 Инструментальные средства и методы компьютерного мониторинга при переносе пылевых смесей. **Лепихова В.А., Ляшенко Н.В., Чибинев Н.Н., Рябоус А.Ю.** *Безопасность жизнедеятельности*. 2019, № 12, с. 47-52. Рус.

Представлен метод компьютерного инженерного мониторинга аэрозольных и других дисперсных выбросов промышленных предприятий, а также оценка экологического состояния окружающей среды. Метод заключается в использовании сигналов акустической эмиссии, возникающей при естественном или вынужденном вибровозбуждении диагностируемых систем, преобразовании и разложении этих сигналов на естественные элементные составляющие, т. е. в спектр Фурье, что позволяет идентифицировать источники акустической эмиссии и оценивать их роль в анализе экологической ситуации в окружающей среде.

21.01-01.311 Исследование характеристик листов пенополиэтилена акустическими методами. **Богдан О.П., Муравьева О.В., Платунов А.В., Рысев Д.С.** *Вестник Ижевского гос. техн. ун-та*. 2020. 23, № 2, с. <https://istu.ru/storage/documents/izdat/vestnik/>

См. также **21.01-01.46, 21.01-01.68, 21.01-01.96, 21.01-01.162, 21.01-01.184**

Акустические методы обработки материалов и изделий

21.01-01.312 Разработка программного обеспечения для управления процессом очистки ультразвуком отложений с поверхностей многообразового фильтра. **Орлов П.С., Соцкая И.М., Адакин Р.Д.** *Автоматизация и современные технологии*. 2020, № 7, http://www.mashin.ru/eshop/journals/avtomatizaciya_i_sovremennye_tehnologii/2026/21/. Рус.

Рассмотрены вопросы автоматизированного управления системой очистки масла двигателя внутреннего сгорания. За основу взят фильтр, имеющий полимерные фильтрующие элементы, очищающиеся двумя ультразвуковыми излучателями, управляемыми контролером. Разработано программное обеспечение, учитывающее нюансы работы масляного фильтра. Данный фильтр устанавливается на автомобиль на длительный срок. Замена его не требуется, необходимо лишь периодически сливать отложения из отстойника. DOI: 10.36652/0869-4931-2020-74-7-308-311.

См. также 21.01-01.66, 21.01-01.68, 21.01-01.121

Акустические технологии в промышленности

21.01-01.313 Бесконтактная параметрическая идентификация вращающихся машин. *Сеферян А.Е., Топчий А.Ю., Нестеров А.В.* *Научно-технический вестник информационно-технологий, механики и оптики.* 2011. 11, № 6, с. 138-139. Рус.

Предложен метод параметрической идентификации математической модели ротора двигателя бесконтактным способом, основанный на акустических измерениях. Экспериментально показано, что точность предложенного метода является приемлемой для инженерной практики. Ключевые слова: идентификация, MATLAB, шум, выбег ротора двигателя, момент инерции, постоянная времени.

21.01-01.314 Численное моделирование задач балок на упругом основании. *Низомов Д.Н., Каландарбеков И.* *Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук.* 2015, № 3, с. 56-64. Рус.

Численным моделированием исследуется напряженно-деформированное состояние балок на упругом основании при статических и динамических воздействиях. Показано, что предлагаемый алгоритм расчёта на основе метода сосредоточенных деформаций позволяет исследовать статический изгиб и динамическое поведение балки на упругом основании при различных граничных условиях. Достоверность результатов численного моделирования подтверждается сопоставлением данных с результатами точного решения.

21.01-01.315 Новый способ повышения усталостной прочности судовых валов. *Черненко В.И., Мосейко Е.С.* *Морской вестник.* 2013, № 1S, с. 45. Рус.

Приведены результаты анализа упрочнения поверхности методом плазменного напыления с послойной ультразвуковой обработкой. Целью работы являются исследования применения указанной технологии для упрочнения судовых валов.

21.01-01.316 Анализ влияния смазочного материала на контактное взаимодействие и нелинейные колебания в эвольвентных зубчатых передачах. *Поляков С.А., Кулешова Е.М., Куксенова Л.И.* *Вестник научно-технического развития.* 2020, № 8, с. 3-11. Рус.

Рассмотрен процесс формирования колебаний в эвольвентных зубчатых передачах (ЭЗП). Выявлена зависимость амплитуды колебаний вращающего момента на быстроходном валу ЭЗП от вида смазочного материала. Рассчитан ресурс передачи, с учетом скорости роста коэффициента динамичности. Получено физическое объяснение зависимости КПД передачи от антифрикционных свойств смазочного материала.

21.01-01.317 Подготовка дисперсных систем к пропитке текстильных материалов из полиэфирных волокон в условиях ультразвуковых колебаний. *Скобова Н.В., Ясинская Н.Н.* *Вестник Витебского государственного технологического университета.* 2019, № 2, с. 97-103. Рус.

Качество пропитки текстильных материалов аддитивными препаратами существенно влияет на их внешний вид и эксплуатационные свойства. Пропитывающие свойства водных дисперсий полимеров зависят от их физико-химических характеристик и размера частиц дисперсной фазы. Проведены исследования процесса подготовки водной дисперсии стирол-акрилата в среде ультразвуковых колебаний. Результаты исследований

доказали эффективность озвучивания пропиточных растворов для улучшения качества пропитки гидрофобных текстильных материалов.

21.01-01.318 Применение универсального ультразвукового реактора для переработки концентратов руд редкоземельных металлов. *Малькова М.Ю., Задиранов А.Н.* *Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования.* 2019. 20, № 1, с. 20-27. Рус.

В последние годы в тяжелой промышленности стремительно возрос интерес к редкоземельным металлам (РЗМ). Одновременно поставлены новые задачи по полноте извлечения и качеству (чистоте) самих РЗМ. Обеспечение новых требований к качеству РЗМ может быть достигнуто двумя современными методами переработки руды. Первый способ - традиционное выщелачивание, но с применением современных ультразвуковых реакторов проходного типа отечественного производства. Второй способ - выщелачивание с применением дорогих импортных импрегнированных сорбентов, требующих специальной утилизации после проведения процесса осаждения нужной фракции материала. Недостатком ультразвуковых аппаратов для обработки РЗМ руд является то, что назначенные параметры рабочей камеры (длина и диаметр) рассчитываются для конкретного вида обрабатываемой руды, поэтому действующие в металлургической промышленности ультразвуковые реакторы нельзя применять для обработки всех видов руд РЗМ. Целью работы является изучение эффективности переработки концентратов руд, содержащих редкоземельные элементы, методом выщелачивания с применением универсального ультразвукового реактора, пригодного для переработки различных концентратов, содержащих редкоземельные элементы. В работе щелочная обработка руды осуществляется в ультразвуковом реакторе специальной конструкции, допускающей регулирование размеров рабочего пространства реактора. Это позволяет осуществлять настройку реактора на высокоэффективную обработку руды при различной исходной концентрации ценных компонентов. Как показали результаты проведенных экспериментов, извлечение РЗМ и других ценных компонентов руды в ультразвуковом реакторе такой конструкции составляет не менее 98,3%.

21.01-01.319 Кластерный анализ ключевых признаков акустоэмиссионных сигналов образцов горных пород. Часть 2. Применение алгоритма DBSCAN. *Имашев С.А., Чешев М.Е., Кульков Д.С.* *Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та.* 2019. 19, № 8, с. 140-144. Рус.

Представлены результаты кластерного анализа ключевых признаков сигналов акустической эмиссии с применением алгоритма DBSCAN. Анализ диаграмм распределения признаков для 36 образцов горных пород (габбро - 5 образцов, гранит - 12 и мрамор - 19) показал, что полезные сигналы характеризуются высокими значениями ключевых признаков ($P1=85-100$ и $P2=70-95$) и группируются преимущественно в правом верхнем углу диаграммы, тогда как шумовые сигналы кластеризуются ближе к центру и по периферии. Области, соответствующие полезным и шумовым сигналам, характеризуются плотным центром и схожи по форме с нормальным распределением. Данные особенности позволяют использовать методы кластерного анализа для выделения полезных сигналов, а именно, алгоритм DBSCAN, который предназначен для кластеризации пространственных данных с присутствием шума на основе плотности распределения исследуемых данных.

21.01-01.320 Кластерный анализ ключевых признаков акустоэмиссионных сигналов образцов горных пород. Часть 1. Обзор алгоритмов кластеризации. *Чешев М.Е., Кульков Д.С.* *Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та.* 2019. 19, № 8, с. 160-164. Рус.

Проведен анализ алгоритмов кластеризации библиотеки машинного обучения scikit-learn на синтетических наборах данных, имитирующих различные варианты кластеризации. В результате анализа были выбраны два алгоритма: алгоритм, основанный на анализе спектра матрицы схожести (Spectral clustering) и плотностный алгоритм кластеризации пространственных данных с присутствием шума - density-based spatial

clustering of applications with noise (DBSCAN). Применение этих алгоритмов для выделения полезных сигналов акустической эмиссии на образце гранита и сравнение скорости их работы показало, что алгоритм DBSCAN работает в среднем на два порядка быстрее, чем алгоритм Spectral clustering. Область выделения полезных сигналов акустической эмиссии обеими алгоритмами отличается: $P1 \approx 50-100$, $P2 \approx 40-100$ для DBSCAN и $P1 \approx 5-100$, $P2 \approx 50-100$ для Spectral clustering. Полученный таким образом оптимальный алгоритм кластеризации используется в дальнейшем для выделения полезных сигналов акустической эмиссии образцов горных пород.

21.01-01.321 Исследование влияния ультразвукового излучения на лаковые и компаундированные пропиточные составы при инновационном методе демонтажа обмоток электродвигателей. Немировский А.Е., Кашин А.И. Вестник Мурманского гос. технич. ун-та. 2020. 23, № 4, с. 354-363. Рус.

В целях энергоэффективности, экологичности и меньших временных затрат на цикл ремонта электродвигателей в части выемки обмотки статора был исследован инновационный метод демонтажа обмоток на основе ультразвука. Метод показал себя как наиболее оптимальный с технической точки зрения в сравнении с существующими способами удаления обмотки. Данная статья является продолжением фундаментального исследования по освоению инновационного метода ремонта электродвигателей. Основной акцент сделан на материал, из которого изготовлена изоляция обмоток. Рассматриваются два вида изоляции: лаковая и компаундная — основные виды изоляции промышленных электродвигателей в нашей стране. В работе произведен анализ пропиточных электроизоляционных составов обмоток статора электродвигателей и изучено влияние на них ультразвука при демонтаже обмоток электродвигателей под воздействием различных факторов: продолжительность и мощность ультразвукового воздействия, концентрация и температура рабочего раствора. Достоверность полученных результатов подтверждается корректностью применяемого математического аппарата и методов математического моделирования, сходимостью результатов численного моделирования и натуральных экспериментов. В статье смоделирована система уравнений и построены модели воздействия полезных факторов относительно друг друга, произведена оптимизация полученных результатов в ходе эксперимента и выявлены оптимальные параметры как лаковой, так и компаундной систем изоляции. Оптимальные параметры исследуемых типов изоляции показали обнадеживающие результаты по многим важным пунктам: продолжительность, энергозатратность, экологичность. Адек-

ватность используемых математических моделей подтверждается результатами проведенных экспериментальных исследований процесса деполимеризации обмоток статора электродвигателей.

См. также **21.01-01.86, 21.01-01.191, 21.01-01.210, 21.01-01.293, 21.01-01.295, 21.01-01.297, 21.01-01.309, 21.01-01.310**

Акустический мониторинг технологических процессов

См. **21.01-01.297**

Акустическая метрология и калибровка

См. **21.01-01.283**

Акустические стандарты

21.01-01.322 Система национальных стандартов по измерению и оценке звукоизоляции. Цукерников И.Е., Шубин И.Л., Невенчанная Т.О. Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020, с. 486-489. Рус.

Рассматриваются особенности вводимых в Российской Федерации международных стандартов в области измерения и оценки звукоизоляции. Отмечено, что в течение последних восьми лет на базе международных стандартов создается система основополагающих национальных стандартов России для измерения и оценки звукоизоляции в зданиях и элементов зданий и сооружений. Система включает пять стандартов, устанавливающих технические методы лабораторных измерений изоляции воздушного и ударного шума, стандарт, устанавливающий ориентировочные методы натуральных измерений изоляции воздушного и ударного шума, два стандарта для одночисловой оценки изоляции воздушного и ударного шума, стандарт, устанавливающий правила определения и применения неопределенностей измерения звукоизоляции. В 2018, 2019 годах на базе международных стандартов подготовлены проекты двух национальных стандартов на методы натуральных измерений звукоизоляции фасадами зданий и их элементами и изоляции воздушного шума между двумя помещениями в здании. Ключевые слова: воздушный шум, ударный шум, звукоизоляция, измерение, оценка, стандарт.

См. также **21.01-01.176, 21.01-01.177**

Акустика в медицинской практике

Ультразвук в медицинской диагностике. Сонография (УЗИ)

21.01-01.323 Влияние слоистой структуры биоткани на акустическое поле ультразвукового излучателя. Леонова А.В. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2009. 9, № 5, с. 81-85. Рус.

Работа посвящена исследованию изменения поля мощного фокусирующего пьезопреобразователя при взаимодействии ультразвука с биотканями организма. Рассматривается задача формирования в биоткани акустического поля как слоистой структуры, образованной при прохождении звуковых волн че-

рез границы раздела вода—жировая ткань—мышечная ткань. Исследуется коэффициент прохождения в зависимости от параметров системы слоев и от параметров источника мощного ультразвука. Ключевые слова: ультразвук, биоткань, коэффициент прохождения, фокусное пятно.

Ультразвук в хирургии и терапии

См. **21.01-01.53**

Ультразвук в лабораторных медицинских исследованиях

См. **21.01-01.323**

Физика

21.01-01.324 О выводе уравнений электродинамики и гравитации из принципа наименьшего действия. *Веденягин В.В., Воронина М.Ю., Руссков А.А. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2020. 495, № 1, с. 9-13. Рус.

Проблема обоснования уравнений гравитации и электродинамики с помощью принципа наименьшего действия является классической. Предлагается вывод уравнений Власова—Максвелла—Эйнштейна из классического, но немного более общего принципа наименьшего действия. При этом получается впервые вывод правых частей уравнений Максвелла и Эйнштейна, а потому и замкнутая система уравнений для гравитации и электродинамики.

21.01-01.325 Метод блочного элемента в разложении решений сложных граничных задач механики. *Бабешко В.А., Евдокимова О.В., Бабешко О.М., Евдокимов В.С. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2020. 495, № 1, с. 34-38. Рус.

Строится точное решение в первом квадранте плоской граничной задачи второго рода для динамических уравнений упругости Ламе, разложенное по решениям граничных задач для уравнения Гельмгольца. Эти решения представлены в форме упакованных блочных элементов.

21.01-01.326 Разработка оптического дефлектора для лазерных терапевтических аппаратов. *Баранов В.А., Качалин А.С., Бочков М.С. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики.* 2014. 14, № 2, с. 32-38. Рус.

Рассмотрена проблема разработки оптического дефлектора для управления лазерным излучением в физиотерапевтических аппаратах. Показаны особенности построения и принципы функционирования электрооптического, акустооптического и механического дефлекторов, позволяющих осуществлять непрерывное или дискретное сканирование лазерного луча. Подробно раскрыт механизм работы дефлектора механического типа на примере отечественных лазерных терапевтических сканеров. Исследована возможность применения в клинической практике методики прогревания точек акупунктуры путем объемного сканирования тканей излучением полупроводниковых лазеров на длинах волн 0,67 и 0,85 мкм. Дано обоснование создания дефлектора нового типа. Проведено сравнение стабильной и лабильной методик облучения. Показано, что при объемном сканировании наблюдается более интенсивный прогрев поверхности кожи в проекции точки акупунктуры, чем при плоскостном сканировании лазерными лучами. Выявлено повышение температуры на поверхности кожи в проекции точки акупунктуры при облучении как в видимом диапазоне спектра (0,67 мкм), так и в инфракрасном диапазоне (0,85 мкм). Это позволяет применить данный метод сканирования для тепловой фотоактивации точки и расширить арсенал существующих методов лазерной рефлексотерапии. Предложен оптический дефлектор для медицинской промышленности, позволяющий осуществлять объемное сканирование лазерного луча и облегчить работу медицинского персонала кабинетов лазерной терапии и рефлексотерапии.

21.01-01.327 Нахождение единицы собственного времени колебательного процесса. *Хаитов Т.И. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук.* 2015, № 4, с. 27-31. Рус.

В статье на основе исчисления локальных минимумов и максимумов дается алгоритм для нахождения единицы собственного времени колебательного процесса. В книге «Усманов З.Д. Моделирование времени. М.: Знание, Сер. «Математика и кибернетика», 1991, М. 48 с.» предложены 3 определения натуральной единицы собственного времени произвольного одномерного колебательного процесса. Для двух определений, основанных на исчислениях локальных минимумов и локальных максимумов, описан вычислительный алгоритм. В статье «Усманов З.Д., Хаитов Т.И., Усманова М.Д. Об одном алгоритме преобразования динамических рядов. ДАН ТаджССР, 1983, т. XXVI, №8, с. 486-488», являющейся по существу дальнейшим развитием, рассматриваются два динамических ряда,

изначально отнесенных к астрономическому времени. Путём установления специального соответствия между членами обоих рядов предпринимается попытка изучить возможность существования функциональной зависимости членов одного из рядов от «собственного времени» другого ряда. В настоящей работе в дополнении к указанным выше предыдущим работам разработан алгоритм для формирования натуральной единицы собственного времени, разделяющего друг друга, который основан на исчислении последовательности локальных максимумов и локальных минимумов. Ключевые слова: процесс; астрономическое время; собственное время.

21.01-01.328 Уравнение Больцмана без гипотезы молекулярного хаоса. *Богомолов С.В., Захарова Т.В. Морской вестник.* 2005, № 3, с. 3-24. Рус.

Ясная с точки зрения физики вероятностная модель газа из твёрдых сфер рассматривается как с помощью теории случайных процессов, так и в терминах классической кинетической теории для плотностей функций распределения в фазовом пространстве: из системы нелинейных стохастических дифференциальных уравнений (СДУ) выводится сначала обобщённое, а затем — случайное и неслучайное интегродифференциальное уравнение Больцмана с учётом корреляций и флуктуаций. Главной особенностью исходной модели является случайный характер интенсивности скачкообразной меры и её зависимость от самого процесса. Для полноты картины кратко напоминает переход ко всё более грубым приближениям в соответствии с уменьшением параметра обезразмеривания, числа Кнудсена. В результате получаются стохастические и неслучайные макроскопические уравнения, отличающиеся от системы уравнений Навье—Стокса или систем квазигазодинамики. Ключевым отличием этого вывода является более точное осреднение по скорости благодаря аналитическому решению СДУ по винеровской мере, в виде которых представлена промежуточная мезомодель в фазовом пространстве. Такой подход существенно отличается от традиционного, использующего не сам случайный процесс, а его функцию распределения. Акцент ставится на прозрачности допущений при переходе от одного уровня детализации к другому, а не на численных экспериментах, в которых содержатся дополнительные погрешности аппроксимации.

21.01-01.329 Сравнение воспроизведения пространственно-временных структур транспортных потоков при использовании различных способов осреднения данных. *Чечина А.А., Чурбанова Н.Г., Трапезникова М.А. Морской вестник.* 2005, № 3, с. 25-35. Рус.

Работа посвящена апробации созданной авторами двумерной микроскопической модели движения автотранспорта на основе теории клеточных автоматов (СА) на тестовых задачах, приведенных в литературе. Проведено сравнение полученных пространственно-временных структур распределения скоростей транспортного потока с экспериментальными данными. Теоретически обоснован и проверен при помощи численного эксперимента выбор оптимального способа осреднения для более адекватного отражения результатов. Представленные результаты подтверждают, что предложенная СА-модель адекватно воспроизводит паттерны, наблюдаемые на диаграммах скоростей реальных транспортных потоков, а также обеспечивает большее сходство с экспериментальными данными по сравнению с другими приведенными моделями.

21.01-01.330 Численное решение жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью приведения их к форме Шеннона. *Чижуров Н.Г. Морской вестник.* 2005, № 3, с. 36-52. Рус.

Рассматривается новый численный метод решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) с помощью приведения их к уравнениям Шеннона. Чтобы преобразовать дифференциальные уравнения, заданные в нормальной форме Коши, к уравнениям Шеннона, достаточно произвести простую замену переменных. Нелинейные системы ОДУ линеаризуются. Кусочно-линейная аппроксимация правых частей уравнений Шеннона не требует вычислений матрицы Якоби и обеспечивает высокую точность решения дифференциальных уравнений, включая жесткие дифференциальные уравнения.

21.01-01.331 Об одном алгоритме расчета движе-

ний молекул двухатомных газов. *Поляков С.В., Подрыга В.О. Морской вестник. 2005, № 3, с. 53-62. Рус.*

Рассматривается проблема моделирования свойств двухатомных газов методами молекулярной динамики. Подобные исследования являются традиционными для физики вещества. В настоящее время наблюдается повышенный интерес к данной проблеме в связи с развитием нанотехнологий и их внедрением в различные отрасли промышленности. В предлагаемой работе рассмотрен вопрос об уточнении исходной классической модели динамики Ньютона. В частности, обсуждается методика учета дополнительных степеней свободы, характеризующих вращательные движения двухатомных молекул. Это связано с необходимостью корректного вычисления теплоемкости. Для решения данной задачи предложено добавить в модель молекулярной динамики уравнения для моментов импульса и вращательных скоростей молекул. Для такой расширенной постановки разработан специальный численный алгоритм, обобщающий схему Верле. На основе предложенного алгоритма разработана расчетная программа. С ее помощью вычислена кривая теплоемкости для азота в диапазоне температур 100–400 К при давлении 1 атм. Полученные расчетные данные согласуются с известными данными из справочников.

21.01-01.332 Влияние внешнего теплового воздействия на напряженное состояние оболочковых форм по выплавляемым моделям. *Евстигнеев А.И., Одинокоев В.И., Дмитриев Э.А., Свиридов А.В., Иванкова Е.П. Морской вестник. 2005, № 3, с. 63-76. Рус.*

Исследуется эволюция напряженного состояния оболочковых форм по выплавляемым моделям при нестационарном внешнем тепловом воздействии, главным образом, при заливке жидкого металла в холодные литейные оболочковые формы.

21.01-01.333 Нестационарный ламинарный свободно-конвективный пограничный слой в окрестности бесконечной плоской вертикальной пластины. *Сыралева М.Н. Морской вестник. 2013, № 1S, с. 73. Рус.*

Рассмотрена задача о нестационарном свободно-конвективном течении вязкой несжимаемой жидкости в пограничном слое около бесконечной плоской вертикальной пластины. Точное решение уравнений получено применением преобразования Лапласа. Графически проиллюстрированы зависимости безразмерных профилей скоростей и температур от различных чисел Прандтля.

21.01-01.334 Почему окружающее нас пространство именно трехмерно. *Щербань В.Л. Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки. 2020, № 1, с. 97-112. Рус.*

Неслучайно современная наука не может ответить на вопрос, почему пространство, в котором мы существуем и которое обзираем, трехмерно. Считается, что попытки найти ответ на этот вопрос, оставаясь только в пределах математики, обречены на неудачу. Однако в представленном math-исследовании показано, что только средствами высшей арифметики возможно объяснение, почему пространство именно трехмерно. Вслед за этим дан ответ на следующий важный вопрос: где и как происходит потеря и последующее восстановление симметрии в пространственных числовых фигурах, почему происходит потеря стабильной числовой симметрии? Настоящее арифметическое расследование покажет, что за внешней хаотичностью окружающих нас вещественных чисел скрыта бесконечная степень их организаций, основой которой является числовая матрица, называемая «треугольник Паскаля» и размещенная в пространстве. Ибо любой отрезок, любого возрастающего вещественного числового ряда принадлежит к какой-либо последовательности, в которой каждый член определяется как неко-

торая функция предыдущих.

21.01-01.335 Волновые процессы во вращающихся сжимаемых течениях астрофизической плазмы с устойчивой стратификацией. *Федотова М.А., Петросян А.С. Ж. эксперим. и теор. физ. 2020. 158, № 6, с. 1188-1214. Рус.*

Теоретически исследуются волновые процессы во вращающемся слое сжимаемой астрофизической плазмы с устойчивой стратификацией и линейным профилем энтропии. Учет сжимаемости осуществляется в неупругом приближении. В этом приближении акустические волны отфильтрованы, система содержит слагаемые с потенциальной температурой (энтропией), а уравнение непрерывности — исходный стратифицированный профиль плотности. Сила Кориолиса в магнитогидродинамических уравнениях сжимаемой астрофизической плазмы рассматривается в четырех различных приближениях: стандартной f -плоскости, нестандартной f -плоскости (с учетом горизонтальной компоненты силы Кориолиса), стандартной β -плоскости и нестандартной β -плоскости. Для каждого рассматриваемого приближения силы Кориолиса развиты линейная и нелинейная теории волновых процессов. Найдены новые типы волн, восстанавливаемыми механизмами которых служат вращение, магнитное поле, гравитация и сжимаемость. Эффекты сжимаемости представлены в новых дисперсионных уравнениях частоты Брента—Вяйсяля для сжимаемых стратифицированных течений, зависящей как от исходного профиля плотности, так и от исходного профиля давления. С помощью качественного анализа дисперсионных кривых выявлены все реализующиеся типы трехволновых взаимодействий. Методом многомасштабных разложений получена система уравнений для амплитуд взаимодействующих волн и инкременты параметрических неустойчивостей.

21.01-01.336 Нормальный удар клином по вязкоупругой нити с учетом ее разрушения (дозвуковой режим). *Мамедов Т.Дж. Вестник Бакинського ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 3, с. 117-127. Рус.*

Для дозвукового режима исследуются напряженное состояние и обрыв линейно вязкоупругой (типа Максвелла) нити при поперечном ударе жестким симметричным клином с постоянной скоростью.

21.01-01.337 Квантовый детерминированный хаос. *Кадменский С.Г. Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2000, № 1, с. 13-21. Рус.*

Исследованы условия проявления нерегулярности поведения и хаотичности гамильтоновых классических и квантовых систем.

21.01-01.338 Гидродинамическая модель управления инвестиционным потоком. *Сапронов Ю.И., Владимирова О.В., Ковалева М.И., Костин Д.В., Царев С.Л. Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2020, № 1, с. 75-93. Рус.*

Рассмотрена модель автоматического распределения инвестиционного на основе обобщенного многомерного уравнения Навье—Стокса, определяющего поле скоростей многокомпонентного инвестиционного потока при условии прилипания изображающей точки на границе (обращения в ноль вектора скорости инвестиций). В случае стационарной модели предложена методика приближенного вычисления поля скоростей инвестиционного потока, основанная на построении приближенных стационарных решений методами Бубнова, Галеркина, Пуанкаре, Ляпунова и Шмидта. Представлены графические иллюстрации.

См. также **21.01-01.26**, **21.01-01.62**, **21.01-01.72**, **21.01-01.113**

Астрономия

21.01-01.339 Помеховая обстановка в обсерватории «Светлое». Андреева Т.С., Исаенко А.В., Царук А.А., Ильин Г.Н., Гренков С.А., Рахимов И.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 3-9. Рус.

Представлены результаты изменения помеховой обстановки РСДБ-комплекса «Квазар-КВО» в обсерватории «Светлое». Описаны методы, используемые для мониторинга и снижения влияния радиопомех на результаты радиоастрономических наблюдений. Особое внимание уделено фильтрации полосы пропускания с использованием спектрально-селективного радиометрического модуля. Отмечен положительный опыт взаимодействия с ФГУП «ГРЧЦ» в Северо-Западном федеральном округе с целью поддержания допустимого уровня радиопомех.

21.01-01.340 О реализации и координации российских и международных проектов дистанционного зондирования планет Солнечной системы и Галактики. Ведешин Л.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 10-14. Рус.

Сделан краткий обзор программ создания автоматических космических станций и радиотелескопов в России и за рубежом. Рассмотрены российские и международные космические проекты для исследования Солнечной системы и объектов во Вселенной. В качестве одного из первоочередных национальных проектов представлена лунная программа, которая включает в себя: запуск четырех космических аппаратов в период с 2021—2025 гг., мягкую посадку на поверхность Луны, взятие грунта, доставку лунохода и подготовку высадки космонавтов. Поставлен вопрос о создании государственной комиссии по контролю и координации международного сотрудничества в космических исследованиях.

21.01-01.341 Методы и результаты поиска линии нейтрального водорода на частоте 9.85 ГГц в излучении Солнца. Дровский А.Ф., Петерова Н.Г., Топчило Н.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 15-28. Рус.

Работа содержит историю и обзор результатов поиска излучения Солнца в линии нейтрального водорода на частоте 9.85 ГГц ($H_{3,04}$), предсказанной Уайлдом в 1952 г. Прослежены основные этапы начаты в 1959 г. исследований в области теории (механизма) этого излучения, методов наблюдений линии и их анализа. Представлены результаты последних лет, связанные с разработкой нового метода измерения напряженности магнитного поля, который основан на учете влияния эффекта Земана на профиль линии. В условиях активных областей на Солнце значение поля может достигать сотен и более Гс. Для апробации метода использованы штатные наблюдения на радиотелескопе РАТАН-600 с повышенным спектральным разрешением (120 МГц). Сделан вывод, что для следующего шага в исследовании излучения Солнца в линии $H_{3,04}$ потребуются создание специализированного комплекса аппаратуры с полосой 8—11 ГГц и спектральным разрешением не менее 40 МГц. Для увеличения точности измерения магнитных полей желательны наблюдения с высоким двумерным угловым разрешением, на первом этапе — порядка размеров активной области — $\sim 2-4$ угл. мин.

21.01-01.342 Управление радиотелескопом РТ-70 с адаптивной поверхностью в миллиметровом диапазоне. Дубаренко В.В., Кучмин А.Ю., Артеменко Ю.Н., Корнюшин А.М. Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 29-33. Рус.

Рассмотрены результаты работ по созданию систем управления наземных и космических радиотелескопов (РТ) миллиметрового диапазона, в том числе высокоточных систем наведения на основе механизмов параллельной структуры. Важнейшими проблемами при разработке системы управления радиотелескопом РТ-70 в миллиметровом диапазоне являются: создание компьютерных моделей динамики конструкции РТ и приводов наведения (идентификаторов состояния) для получения оценок их координат, недостатков для прямого измерения; создание системы демпфирования собственных механических частот РТ посредством гироскопических датчиков угловых скоростей; создание матричного многопиксельного балометрического прием-

ника, наличие которого в контуре системы управления позволяет достигнуть точности наведения оптической оси РТ лучше 3" путем автономного управления отдельными щитами адаптивной поверхности зеркала аналогично оптическим телескопам.

21.01-01.343 Антенны СВЧ из углекомпозитных материалов. Дугин Н.А., Заборонкова Т.М., Мясников Е.Н., Беляев Г.Р., Лобастов В.Г. Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 34-40. Рус.

Предложен способ создания СВЧ-антенн из углекомпозитного волокна с графеносодержащим эпокисвязующим веществом. Созданы образцы дипольных и рупорных антенн из углекомпозитных материалов. Проанализированы коэффициенты стоячей волны, диаграммы направленности и амплитудно-частотные характеристики для рупорных антенн L- и C-диапазонов и дипольных антенн на частоты от 0.2 до 1 Гц. Оценено влияние на параметры антенн разных по своей структуре углекомпозитных материалов (нити и ткани). Показано, что основные характеристики композитных антенн идентичны соответствующим характеристикам металлических антенн-аналогов.

21.01-01.344 Сравнение возможностей оптических и радиоастрономических методов измерения параметров крупных антенн. Дугин Н.А., Калинин А.В., Тихомиров Ю.В., Петров В.В., Бузык Г.Б., Медяников В.О., Шишкина В.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 41-49. Рус.

Рассматриваются результаты анализа экспериментальных данных обследования крупногабаритных антенн координатоопределяющими методами и предварительной оценки зависимости характеристик этих антенн от рабочей частоты. Проводится сравнение с результатами, полученными радиоастрономическим и радиологическим способами. Анализ возможностей оценки параметров крупногабаритных антенн с использованием данных оптических измерений показывает, что преимуществом этих методов можно считать то, что они позволяют определить величины отклонения от проектной формы, положения и взаимной ориентации отражающей поверхности основного и вторичного рефлекторов. Радиоастрономический метод дает «интегральные» данные о параметрах антенны, которые не позволяют определить конкретные области источников ошибок, но являются наиболее точными с точки зрения оценки эффективности системы. Влияние переменных нагрузок, в том числе весовых и температурных деформаций зеркал, на характеристики антенн может быть эффективно исследовано оптическим координатоопределяющим, радиоастрономическим или радиологическим методами. Сопоставление результатов обоих методов позволяет улучшить точность определения параметров крупных антенных систем.

21.01-01.345 Двухканальная приемная система X-диапазона для макета радиотелескопа РТ-4. Зотов М.Б., Иванов Д.В., Поздняков И.А., Хвостов Е.Ю., Чернов В.К. Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 50-55. Рус.

Разработана радиоастрономическая приемная система X-диапазона, предназначенная для макета радиотелескопа РТ-4. Она включает в себя облучатель, входной СВЧ-тракт на волноводе круглого сечения, блок приемный криостатируемый с размещенными в нем малощумящими усилителями и разделителем поляризацій, два блока преобразования частоты, блок генераторов шума, систему управления и электропитания, а также криогенно-вакуумную систему. Приемная система изготовлена и смонтирована на макете радиотелескопа РТ-4 в обсерватории «Светлое». Проведены радиоастрономические измерения параметров макета радиотелескопа РТ-4. Полученные значения SEFD подтверждают возможность проведения совместных РСДБ-наблюдений РТ-4 с радиотелескопами радиоинтерферометрической сети «Квазар-КВО».

21.01-01.346 Радионаблюдения остатков сверхновых на радиотелескопе РТ-32 обсерватории «Светлое» ИПА РАН. Иванов В.П., Ипатов А.В., Рахимов И.А., Гренков С.А., Андреева Т.С. Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 56-63.

Рус.

Измерены плотности потоков остатка сверхновой (ОСН) G21.5—0.9 на радиотелескопе РТ-32 обсерватории «Светлое» ИПА РАН на частотах 4840 и 8450 МГц в 2013—2018 гг., с помощью повторных измерений выявлена переменность источника. Рассмотрена методика измерений и их точность. На основе опубликованных данных получены дополнительные данные о потоках радиоизлучения ОСН для более ранних эпох и на различных частотах, содержащих сравнения интенсивностей исследуемого и стандартных источников. Литературные данные приведены в единую систему, общую с измерениями на РТ-32 обсерватории «Светлое» ИПА РАН, на основе стандартной шкалы потоков «искусственная луна» (ИЛ). Эта процедура существенно уточняет систему данных, спектр источника и его переменность. Определены параметры спектра. Показано, что излом в спектре G21.5—0.9 не связан с синхротронным высвечиванием релятивистских электронов. Предложены возможные причины обнаруженных изменений в спектре G21.5—0.9.

21.01-01.347 Радиотехнический комплекс для научных экспериментов в режиме многочастотного синтеза. Каневский Б.З., Ларионов М.Г., Вольвач А.Е., Зуга В.А., Коваленко А.В., Кутъкин А.М., Смирнов А.И., Сазанков С.В., Суворин Д.И., Коган Б.Л., Черный Р.А. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 48.* СПб.: ИПА РАН, 2019, с. 64-69. Рус.

В настоящее время радиоинтерферометрия со сверхдлинной базой (РСДБ) является самым совершенным измерительным методом, позволяющим получать высококачественные изображения астрономических объектов с наивысшим угловым разрешением. Многочастотный синтез (МЧС) в РСДБ предполагает картографирование радиоисточника последовательно на нескольких частотах с целью улучшения заполнения UV-плоскости и, таким образом, повышения качества синтезируемых изображений. В данной статье представлены результаты наблюдений радиоисточника W49N с помощью радиотехнического комплекса, установленного на антеннах в Пуццано и Симеизе, а также результаты разработки программного обеспечения для автоматизации процесса перестройки частоты приемника и калибровочных измерений.

21.01-01.348 Встроенный гетеродин для радиоастрономических приемных систем диапазона 18 см. Крохалев А.В. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 48.* СПб.: ИПА РАН, 2019, с. 70-74. Рус.

Представлены результаты разработки встроенного гетеродина для микросборок радиоастрономических приемных систем диапазона длин волн 18 см, предназначенных для установки на радиотелескопы РТ-32 комплекса «Квазар-КВО». Гетеродин является одночастотным синтезатором частоты, построенным по однокольцевой схеме фазовой автоподстройки частоты, которая реализована на базе одной микросхемы KSN2675A. Она содержит синтезатор частоты, генератор, управляемый напряжением с разветвителем сигнала и петлевой фильтр низких частот. Частота синхронизации опорного сигнала гетеродина составляет 5 или 10 МГц. Выходная частота гетеродина 1.26 ГГц получается делением частоты генератора на два. Мощность сигнала гетеродина на выходах равна 0.8 мВт при температурной нестабильности фазы не более 0.8 пс/°С. Подавление гармоник выходной частоты гетеродина составляет не менее 45 дБ, дискретных компонентов, кратных частоте сравнения — не менее 90 дБ, а гармоник питания в спектре выходного сигнала — не менее 60 дБ. Джиттер сигнала гетеродина составляет не более 0.5 пс, а среднеквадратическое отклонение (СКО) фазовых шумов — не более 0.2°. Спектральная плотность мощности фазовых шумов гетеродина при отстройках от 1 кГц до 100 кГц составляет не менее 98 дБ. В статье приведены принципы построения и функционирования основных узлов гетеродина, а также его основные параметры.

21.01-01.349 Широкополосные преобразователи частоты L-диапазона для радиоастрономических приемных систем. Крохалев А.В. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 48.* СПб.: ИПА РАН, 2019, с. 75-80. Рус.

Представлены результаты разработки микросборки широкополосного преобразователя частоты L-диапазона для блоков

преобразователей частоты радиоастрономических приемных систем. Микросборка преобразователя имеет два исполнения: без гетеродина и со встроенным гетеродином. В статье рассмотрен только один вариант исполнения, а именно — без гетеродина. Преобразователь построен по супергетеродинной схеме с однократным преобразованием частоты «вниз» без инверсии спектра. Он содержит преселектор с модулятором, смеситель и тракт промежуточной частоты. Полоса пропускания по уровню 3 дБ составляет 340 МГц при неравномерности амплитудно-частотной характеристики не более 1 дБ. Номинальная частота гетеродина при этом составляет 1.26 ГГц при мощности сигнала 0.8 мВт. Коэффициент передачи преобразователя равен 35 дБ при «нулевом» ослаблении амплитудного модулятора, который имеет два значения 0/10 дБ. Амплитудная модуляция коэффициента усиления преобразователя используется в радиометрическом режиме работы радиотелескопа. Ослабление комбинационных составляющих и шумов зеркального канала составляет более 60 дБ. Верхняя граница линейности амплитудной характеристики по уровню компрессии 1 дБ равна 10 мВт. Эквивалентная шумовая температура преобразователя составляет не более 90 К, что соответствует вкладу в шумовую температуру системы порядка 0.2%. Преобразователи предназначены для установки на радиотелескопы РТ-32 комплекса «Квазар-КВО». Приведены принципы построения и функционирования основных узлов тракта преобразователя, а также его основные параметры.

21.01-01.350 Автоматизированная система управления диаграммой радиотелескопа БСА ФИАН. Лапачев К.А., Орешко В.В. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 48.* СПб.: ИПА РАН, 2019, с. 81-84. Рус.

Рассмотрена автоматизированная система управления новой диаграммой направленности радиотелескопа Большая Синфазная Антенна (БСА) ФИАН, приведен состав, назначение и структура аппаратных и программных средств системы. Также дано описание диаграммообразующей системы БСА. В состав аппаратуры входят компьютер с платой дискретного вывода, модуль управления матрицами, модуль коммутатора выходов центральной матрицы и модуль ручного управления. Программное обеспечение построено по модели клиент—сервер. Данная автоматизированная система обеспечивает управление БСА от нескольких территориально распределенных систем сбора данных.

21.01-01.351 РСДБ — окно во Вселенную. Матвеев Л.И. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 48.* СПб.: ИПА РАН, 2019, с. 85-91. Рус.

Описаны достигнутые успехи в прикладных направлениях и астрофизике, в частности рассмотрен метод радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ), отражены его история и пути реализации. По данным РСДБ в континууме и мазерном излучении получены изображения и кинематика активных ядер галактик и областей звездообразования, а также установлена их вихревая природа. Отмечено, что предельное угловое разрешение РСДБ достигает микросекунд дуги. Приведены примеры использования метода РСДБ для решения задач прецизионной космической навигации.

21.01-01.352 Калибровка тракта передачи шкал времени радиотелескопа для реализации РСДБ-сличений. Царук А.А., Карпичев А.С., Вьютнов А.В., Чиж А.Л., Микитчук К.Б., Малышев С.А. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 48.* СПб.: ИПА РАН, 2019, с. 92-99. Рус.

Представлена схема передачи эталонных сигналов времени и частоты, а также методика калибровки задержки в тракте передачи шкал времени (ШВ) при проведении сравнения ШВ и частот удаленных водородных стандартов обсерваторий радиоинтерферометрического комплекса «Квазар-КВО» методом РСДБ. Выполнена оценка неслучайной систематической погрешности, составившей менее 0.5 нс при сравнении стандартов частоты и времени обсерваторий комплекса «Бадары» и «Зеленчукская» методом РСДБ. Предложен метод калибровки тракта передачи ШВ путем передачи радиочастотных сигналов по волоконно-оптическим линиям на различных длинах волн. Внедрение предложенного метода позволит более чем на поря-

док уменьшить неисключенную систематическую погрешность при сравнении ШВ методом РСДБ.

21.01-01.353 Предварительные результаты обработки фазовых радиолокационных наблюдений лунных посадочных аппаратов. *Васильев М.В., Ягудина Э.И., Шарков В.С., Бондаренко Ю.С., Маршалов Д.А.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 3-8. Рус.

Измерение фазовых радиолокационных дальностей до лунных посадочных аппаратов (ЛПА) может стать дополнением или даже заменой традиционных светолокационных наблюдений угловых отражателей, установленных на поверхности Луны. Приведены предварительные результаты работ по первичной и вторичной обработке фазовых радиолокационных наблюдений (ФРН) ЛПА Chang E-3 (CE-3). Наблюдения проводились с участием китайских радиотелескопов «Kashi», «Jiamusi» и РСДБ-комплекса «Квазар-КВО». Разработаны методики учета влияния атмосферы и уточнения величин фазовых неоднозначностей при вторичной обработке ФРН-наблюдений. По результатам вторичной обработки показано, что точности полученных ФРН-наблюдений соответствуют заявленным. Уточнены селеноцентрические координаты ЛПА CE-3.

21.01-01.354 Актуальные задачи текущего этапа по проекту создания ядерно-оптического стандарта частоты. *Витушкин Л.Ф., Карпешин Ф.Ф., Тржасковская М.Б.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 9-16. Рус.

Путь проб и ошибок к созданию ядерно-оптических часов проанализирован с единой точки зрения теории внутренней конверсии. На примере ядра ^{229}Th , который является наиболее вероятным кандидатом на роль будущего стандарта частоты, показано, что взаимодействие ядра с внешним полем лазера нельзя рассматривать в отрыве от свойств электронной оболочки. Как не может наблюдаться девозбуждение ядер изомера в обход внутренней конверсии, так же неоптимально и прямое возбуждение ядра лазером с целью контроля его частоты. Производится разбор наиболее распространенных ошибок, возникающих при попытках воздействия на ядро без учета свойств электронной оболочки. Более того, зависимость ядра от электронной оболочки приводит к вариации ширины изомерной линии в будущих ториевых часах в зависимости от внешних условий: давления и температуры.

21.01-01.355 Рубидиевый стандарт частоты с импульсной лазерной накачкой: состояние и перспективы. *Волков С.А., Герасимов Г.В., Майкапар Н.О., Сидоренков Д.С.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 17-22. Рус.

Представлен созданный в АО «РИРВ» макет квантового стандарта частоты на рубидиевой газовой ячейке с импульсной лазерной накачкой. Авторами предложено краткое описание основных принципов работы стандарта частоты с импульсной накачкой и рассмотрены особенности конструкции квантового дискриминатора стандарта частоты. По результатам измерений характеристики квантового дискриминатора сопоставимы с лучшими зарубежными аналогами. Получена нестабильность выходного сигнала стандарта частоты на уровне $\sigma_y(\tau) \leq 6 \cdot 10^{-13} \cdot \tau^{-1/2}$ на временном интервале измерения (500—2000 с).

21.01-01.356 Мониторинг влагосодержания в атмосфере над территорией Ленинградской и смежных областей с помощью ГНСС. *Горшков В.Л., Гришина А.С., Щербакова Н.В.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 23-31. Рус.

На территории Ленинградской и смежных с нею областей в период 2016—2018 гг. по данным 65 ГНСС-станций исследована динамика интегрального влагосодержания в атмосфере (IPWV, integrated precipitable water vapor). Оценки IPWV хорошо согласуются с измерениями, полученными при радиозондировании в трёх пунктах обозначенного региона. Построены карты динамики поля IPWV для исследуемого района с временной развёрткой 5 мин и 6 ч. По продолжительным наблюдениям в регионе оценены трендовые составляющие IPWV и спектральный состав ее вариаций.

21.01-01.357 Распределитель сигналов модуляции для радиотелескопа РТ-32. *Иванов В.К., Носов Е.В.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 32-36. Рус.

Представлены результаты разработки распределителя сигналов модуляции (РСМ), необходимого для передачи сигналов управления модуляторами от многофункциональной системы преобразования сигналов (МСПС) к приемным устройствам радиотелескопа РТ-32. В работе представлены описание работы РСМ, его структура и протокол передачи данных. РСМ получает от МСПС информацию о необходимом состоянии модуляторов в виде закодированной последовательности бит, передаваемой по оптоволоконной линии. Установленная в РСМ программируемая логическая интегральная схема декодирует принимаемый от МСПС сигнал и распределяет полученные сигналы модуляции по 10 выходам, с которых они поступают на приемные устройства. РСМ обеспечивает стабильную задержку и контроль целостности данных, что предотвращает непреднамеренное переключение модуляторов при нештатных ситуациях.

21.01-01.358 Сравнение результатов обработки геодезических РСДБ-наблюдений корреляторами RASFX и DiFX. *Кен В.О., Мельников А.Е.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 37-42. Рус.

Представлены результаты сравнения групповых задержек, полученных на корреляторах RASFX и DiFX. Для сравнения задержек использовано одинаковое программное обеспечение (ПО) постпроцессорной обработки PIMA с целью исключения влияния вариативности реализации математических алгоритмов постпроцессорной обработки. Разработан конвертер данных для коррелятора RASFX, который позволяет использовать ПО PIMA для постпроцессорной обработки РСДБ-данных вместо оригинального ПО WOPS. Обработан ряд часовых РСДБ-наблюдений, проведенных на радиотелескопах РТ-13 и РТ-32 РСДБ-комплекса «Квазар-КВО». Результаты совпадают в пределах точности измерения групповых задержек.

21.01-01.359 Мощный двухчастотный пикосекундный лазер для высокоточной спутниковой лазерной дальнометрии. *Корнев А.Ф., Балмашинов Р.В., Коваль В.В., Кучма И.Г., Давтян А.С.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 43-51. Рус.

Задачи прецизионной дальнометрии в астрономии требуют повышения емкости сеансов измерений и уровня точности лунных лазерных дальномеров до значения ~ 1 мм. Для решения этих задач необходимы современные лазерные средства, обладающие короткой длительностью импульса, высокой частотой повторения и энергией в импульсе субджоулевого диапазона и выше. Использование в спутниковой дальнометрии двухчастотных лазерных систем позволяет учитывать влияние атмосферы Земли на время распространения света до цели. Короткая длительность импульсов в лазерах такого типа приводит к необходимости решения проблем, связанных с лучевой стойкостью оптических покрытий и эффектом мелкомасштабной самофокусировки. Также в лазерах с длительностью импульсов менее 1 нс невозможно использование зеркал на основе вынужденного рассеяния Мандельштама—Бриллюэна для компенсации термических наведенных искажений волнового фронта. В настоящей работе представлены результаты разработки компактного двухчастотного лазера (1064 нм и 532 нм) с высокой стабильностью формы выходных импульсов. Лазер генерирует импульсы с энергией 0.5 Дж и длительностью 71 пс на длине волны 1064 нм и 0.3 Дж и 63 пс — на длине волны 532 нм соответственно. Частота повторения импульсов 200 Гц.

21.01-01.360 Стабильность задержки в системах преобразования сигналов для РСДБ-радиотелескопов. *Носов Е.В., Бердников А.С., Маршалов Д.А.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 52-59. Рус.

Достижение пикосекундных точностей измерения задержки в РСДБ-наблюдениях требует контроля вариаций инструментальной задержки от скана к скану на уровне не хуже 1 пс. Нестабильность в электронных устройствах в значительной

степени связана с вариациями температуры, поэтому для выполнения этих требований необходимо снижать чувствительность параметров оборудования к изменению температуры. Неустрашимые вариации инструментальной задержки должны быть измерены и учтены в процессе обработки наблюдений. В данной работе рассмотрены вопросы стабильности задержки в системах преобразования сигналов для РСДБ-радиотелескопов. Показаны основные источники нестабильности, приведены оценки соответствующих температурных коэффициентов задержки и способы их уменьшения. Также кратко описаны инженерные решения, позволяющие измерять внутренние вариации задержки в разработанной в ИПА РАН многофункциональной системе преобразования сигналов.

21.01-01.361 Определение ПВЗ и совершенствование аппаратно-программных средств в ГМЦ ГСВЧ. *Пасынок С.Л., Безменов И.В., Игнатенко И.Ю., Цыба Е.Н., Жаров В.Е. Труды Института прикладной астрономии РАН № 49.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 60-68. Рус.

Рассмотрена деятельность Главного метрологического центра Государственной службы времени и частоты (ГМЦ ГСВЧ) по определению параметров вращения Земли (ПВЗ) и совершенствованию аппаратно-программных средств в части определения ПВЗ в 2018 — начале 2019 гг. В обозначенный период в ГМЦ ГСВЧ были проведены измерения с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и спутниковых лазерных дальнометров (СЛД) нового поколения, которыми были оснащены пункты ФГУП «ВНИИФТРИ» и его Восточно-сибирского филиала (Менделеево и Иркутск). Выполнено определение ПВЗ по отдельным видам измерений (РСДБ, ГНСС и СЛД). С целью формирования справочных данных полученные в центре результаты были обработаны (и скомбинированы) с данными о ПВЗ, полученными в других отечественных Центрах обработки и анализа данных. В ГМЦ ГСВЧ было разработано и модернизировано программное обеспечение как для определения ПВЗ, так и для решения других задач (определения эфемерид и поправок часов КА GPS/ГЛОНАСС и обработки данных спутниковых альтиметрических измерений).

21.01-01.362 Исследование основных компонентов временных рядов изменения координат станций GNSS и DORIS в Китае. *Фазилова Д.Ш., Кузин С.П., Мамзудов М.Д. Труды Института прикладной астрономии РАН № 49.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 69-77. Рус.

Для дальнейшего построения кинематической опорной системы региона в работе с помощью аддитивной модели выполнены декомпозиция (тренд, сезонный и стохастический компоненты) и построение прогнозных моделей временных рядов координат спутниковых станций KIT3 (GNSS, Global Navigation Satellite System), KIUB и KIVC (DORIS, фр. Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégré par Satellite) в Китае. Прогнозная модель временных рядов описывает около 99% общей вариации уровней временных рядов и подтверждает высокую надежность прогнозирования для плановых координат независимо от периода наблюдения. Однако для высотной составляющей координат пунктов KIT3 и KIUB получено согласование лишь на уровне 40%. Прогнозная модель для высотного компонента временного ряда координат новой станции DORIS KIVC показала уровень достоверности модели порядка 70% несмотря на короткий интервал наблюдений (1,5 года) и позволяет сделать вывод о возможности проведения дальнейших исследований пункта KIVC совместно с гидрологическими (напр., GRACE, Gravity Recovery And Climate Experiment), сейсмическими, гравиметрическими измерениями для построения детальной геофизической модели опорной станции в Китае.

21.01-01.363 Комплекс автоматизации лабораторных испытаний гетеродинов для радиотелескопов. *Шейнман Ю.С., Вердников А.С., Носов Е.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 49.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 78-82. Рус.

Для модернизации приемной системы радиотелескопов РТ-13 в ИПА РАН были созданы гетеродины с выходным диапазоном частот 21500—27000 МГц и шагом перестройки 400 кГц. Для проверки соответствия параметров гетеродинов заданным требованиям был создан автоматизированный комплекс тести-

рования гетеродинов. Комплекс построен по модульному принципу и включает в себя измерительное оборудование, преобразователь команд для взаимодействия с гетеродинами и клиент-серверное приложение. В статье описано устройство комплекса, а также показано, что автоматизация измерений существенно упрощает и ускоряет процесс настройки и проверки перестраиваемых гетеродинов.

21.01-01.364 Программный комплекс «Прогноз» предвычисления столкновений астероидов с Землей и Луной Часть 2. Вычисление обстоятельности сближений и столкновений. *Шор В.А., Вавилов Д.Е., Виноградова Т.А., Железнов Н.Б., Зайцев А.В., Кочетова О.М., Кузнецов В.В., Чернетенко Ю.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 49.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 83-104. Рус.

Излагаются принципиальная схема, основные детали и возможности программного комплекса «Прогноз». Задачей комплекса является предвычисление столкновений потенциально опасных небесных тел (ПОТ) с Землей и Луной. Вычисления выполняются в ИПА РАН. Комплекс поддерживает каталог ПОТ в соответствии с публикациями списка ПОТ на сайте Центра малых планет и комет (ЦМП) и сообщениями об открытиях новых тел и/или их наблюдениях. В первой части работы были описаны процедуры поддержания и обновления каталогов ПОТ и уточнения орбит этих тел, прогнозирования движения и оценивания точности текущих значений координат и компонент скорости тела, а также получения оценки вероятности столкновения при сближении тел с Землей или Луной. Во второй части продолжено описание возможностей комплекса, которые включают: вычисление географических координат точки входа в атмосферу и оценки их точности; вычисление топодетрических параметров траектории (азимут, наклон к горизонту и т. п.) с оценкой их точности. Если номинальная орбита тела миует Землю, но вероятность столкновения достаточно высока, вычисляется полоса риска на земной поверхности, где столкновения возможны. Решается задача об определении гелиоцентрической орбиты тела по обстоятельствам его падения на Землю или взрыва в атмосфере. Рассмотрена задача предвычисления столкновений малых тел с Луной. В заключении обсуждаются направления дальнейшего развития комплекса и возможности его использования.

21.01-01.365 Координатно-временное обеспечение перелетов между Землей и Луной. *Вагров А.В., Кузин С.П., Леонов В.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 50.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 3-9. Рус.

Все задачи позиционирования космических аппаратов в пространстве решаются на основе измерений, проводимых с Земли. Благодаря наличию на поверхности Земли геодезических реперов, относительно которых проводится измерение положений позиционируемых объектов, удается достичь высокой точности измерений. Чем дальше объект удален от реперов, тем ниже точность позиционирования. Если для низкоорбитальных космических аппаратов точность позиционирования достигает 1 м и выше, то возле Луны она падает на 3–5 порядков. Кардинального повышения точности навигации можно достичь с использованием астрометрических реперов, размещенных на Луне и на околоземных навигационных спутниках. Предлагается использовать активные оптические маяки в качестве реперов, что позволит проводить позиционирование космических аппаратов в любой точке околоземного пространства.

21.01-01.366 Бескодное обнаружение радиосигналов спутниковых навигационных систем. *Бахалдин В.С., Гаврилов Д.А., Добриков В.А., Иванов В.Ф. Труды Института прикладной астрономии РАН № 50.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 10-15. Рус.

Получены и проанализированы теоретические характеристики бескодного обнаружения сигналов с бинарной фазовой манипуляцией навигационной системы GPS в диапазоне L1. Рассматривается метод бескодного приема сигналов, основанный на возведении такого сигнала в квадрат с учетом приближенной аналитической оценки уровня отношения сигнал/шум на выходе оптимального приемника. Приводятся результаты в виде вероятностей обнаружения сигналов при фиксированной ве-

роятности ложных тревог и заданном числе когерентно накапливаемых в корреляторе отсчетов. Полученные результаты позволяют обоснованно выбирать интервал когерентного накопления, рассчитывать пороги обнаружения и оценивать вероятность обнаружения.

21.01-01.367 Применение волоконно-оптических линий передачи в радиоастрономических приемных устройствах. *Вежиин Ю.В., Царук А.А., Вытнов А.В., Зотов М.Б., Карпичев А.С., Хвостов Е.Ю.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 16-22. Рус.

Рассмотрено применение волоконно-оптической линии для передачи СВЧ-сигнала между блоками радиоастрономического приемника. Отмечены перспективы использования волоконно-оптических линий передачи для приемных устройств радиотелескопов с малыми антеннами (с диаметром зеркала порядка единицы метров). Представлены результаты измерения следующих характеристик радиоастрономического приемника X-диапазона с волоконно-оптической линией передачи: амплитудно-частотной характеристики, групповой задержки, динамического диапазона, амплитудной стабильности и стабильности задержки. Предложен и испытан метод калибровки изменения задержки в волоконно-оптической линии передачи СВЧ-сигнала по передаваемому сигналу опорной частоты на другой оптической несущей. Результаты сопоставлены с измерением задержки с помощью векторного анализатора цепей и с помощью измерения сигнала пикосекундного импульса на широкополосной системе преобразования сигналов.

21.01-01.368 О возможных направлениях использования квантово-оптических станций в программе ГЛОНАСС. *Готов В.Д., Карутин С.Н., Кожин А.Л., Митрикас В.В., Пафнунтьев А.А.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 23-30. Рус.

Результаты лазерной локации космических аппаратов могут использоваться при решении задач по следующим основным направлениям: задачи космической геодезии; определение орбит космических аппаратов (КА), контроль их точности; синхронизация бортовых и наземных шкал времени; калибровка наземных и бортовых радиотехнических средств; использование в качестве резервного средства траекторных измерений для определения орбит в случае нештатных ситуаций. Лазерные угольковые отражатели установлены на все КА ГЛОНАСС, запланирована их установка на все КА ГНСС Galileo, Beidou и КА серии GPS III, начиная с GPS-III-SV9. В статье рассмотрены возможные направления использования КОС в программе ГЛОНАСС.

21.01-01.369 Экспериментальное исследование стабильности цифрового преобразователя потоков данных для радиотелескопов. *Гренков С.А., Федотов Л.В.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 31-35. Рус.

Разработанный в ИПА РАН цифровой преобразователь обеспечивает выделение узкополосных каналов непосредственно на радиотелескопе, оснащенном широкополосной системой преобразования сигналов, и значительно сокращает поток данных от радиотелескопа на коррелятор. Экспериментально исследована стабильность задержки сигнала в цифровом преобразователе. Приведены схема и описание эксперимента. Показано, что задержка сигнала в цифровом преобразователе не меняется за время сеанса наблюдений и не влияет на точность радиоинтерферометрических измерений.

21.01-01.370 Экспериментальная оценка параметров алгоритма расчета влажностной тропосферной задержки и их влияния на точность расчета. *Ильин Г.Н.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 36-43. Рус.

Алгоритм вычисления влажностной тропосферной задержки (ВТЗ) по данным радиометра водяного пара (РВП) содержит ряд параметров, рассчитываемых на основе определенных моделей. При сравнении вычисленных по исходному алгоритму значений ВТЗ с опорным рядом ВТЗ, полученным из полных тропосферных задержек, рассчитываемых международной

службой IGS (International GNSS Service), проявляется увеличение среднего значения разности ВТЗ в летнее время до 6 мм относительно зимнего. Анализ данных РВП показал, что использование в алгоритме расчета ВТЗ-коэффициентов, значения которых найдены экспериментально, позволило практически парировать данный эффект. В работе представлена методика определения коэффициентов, вид их зависимости от интегрального содержания водяного пара в атмосфере, а также результаты сравнения ВТЗ РВП с опорным рядом на примере обсерваторий РСДБ-комплекса «Квазар-КВО».

21.01-01.371 Разработка программного комплекса обработки DORIS-измерений в ИНАСАН. *Кузин С.П., Эбауэр К.В.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 44-50. Рус.

Центр анализа DORIS-данных (фр. Détermination d'Orbite et Radiopositionnement Intégré par Satellite) Института астрономии РАН (ИНАСАН) регулярно отправляет свои результаты анализа в Международную службу (IDS, International DORIS Service) системы DORIS в соответствии со стандартами и временной задержкой, определенными IDS. Измерения DORIS в формате doris.2.2 обрабатываются в ИНАСАН с помощью программного пакета GIPSY-OASIS II, разработанного JPL (Jet Propulsion Laboratory, США). С момента запуска спутника JASON-2 в 2008 г., измерения системы DORIS появились в новом формате RINEX, который, согласно заявлению IDS, в ближайшем времени будет единственным форматом представления DORIS-данных. Так как текущая версия программы GIPSY-OASIS II не поддерживает обработку измерений формата RINEX, то в целях дальнейшего существования ИНАСАН как центра анализа IDS возникла необходимость разработки собственного программного пакета обработки DORIS-данных, представленных в формате RINEX. В статье приведены первые результаты обработки DORIS-данных, представленных в формате RINEX.

21.01-01.372 Построение уточненной версии небесной системы координат из глобальной обработки РСДБ-сессий 1979—2019 гг. *Курдюбов С.Л., Миронова С.М., Губанов В.С., Скурижина Е.А.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 51-57. Рус.

Произведено глобальное уравнивание РСДБ-наблюдений за период 1979—2019 гг. с целью построения уточненной версии небесной системы координат. В качестве глобальных параметров определялись координаты радиоисточников и координаты станций; параметры вращения Земли определялись как локальные параметры. Параметры рассинхронизации часов станций и влажная компонента тропосферной задержки рассматривались как стохастические сигналы метода среднеквадратической локации. Построенный каталог сравнивался с каталогами других центров, а также с последней реализацией небесной системы координат ICRF3.

21.01-01.373 Совершенствование запросной технологии расчета эфемерид ГЛОНАСС. *Пасынков В.В., Бакитко Р.В., Круглов А.В.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 58-72. Рус.

Использование запросных измерительных средств нового поколения и бортовой аппаратуры межспутниковых измерений в системе ГЛОНАСС позволяет обеспечить паритетный и даже опережающий уровень расчета эфемерид без копирования технологических подходов, принятых в зарубежных ГНСС. Представлены результаты исследования модернизированной запросной технологии эфемеридного обеспечения системы ГЛОНАСС на основе запросных станций нового поколения из состава наземного сегмента ГЛОНАСС, а также комплексирования запросных измерений с межспутниковыми измерениями и РСДБ-измерениями комплекса «Квазар-КВО».

21.01-01.374 Волоконно-оптическая линия передачи и измерения задержки секундного импульса в РСДБ-телескопе РТ-13. *Царук А.А., Жуков Е.Т., Вытнов А.В., Зиновьев П.В.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 73-78. Рус.

Предложен оптико-электронный метод передачи сигналов

времени в РСДБ-телескопе нового поколения РТ-13. Метод основан на использовании волоконно-оптической линии передачи и измерения задержки секундного импульса от наземной части телескопа до антенны. Научная новизна предложенного метода состоит в том, что впервые в РСДБ-телескопе осуществлена как передача, так и измерение задержки импульса времени запросным способом с точностью в десятки пикосекунд. Метод реализован с помощью одной двунаправленной волоконно-оптической линии, соединяющей наземную и антенную части радиотелескопа и использующей мультиплексирование сигналов с волновым разделением каналов.

21.01-01.375 Сравнение шкал времени и частот с помощью радиоинтерферометра нового поколения. Царук А.А., Иванов Д.В., Жуков Е.Т., Карпичев А.С. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 50.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 79-86. Рус.

Более года выполнялось сравнение шкал времени (ШВ) и частоты обсерваторий с помощью радиоинтерферометра нового поколения комплекса «Квазар-КВО». Приведено описание метода и результаты исследования его точностных характеристик. Показано, что неопределенность, характеризующая случайную составляющую погрешности измерений разности ШВ обсерваторий «Бадары» и «Зеленчукская», не превышает 40 пс на интервале усреднения от 1 до 10 часов, а нестабильность измерения разности частот этих ШВ на интервале усреднения более суток составляет 10^{-15} . При этом неопределенность, характеризующая систематическую составляющую погрешности измерений при сравнении ШВ, составила не более 0.5 нс. Расстояние между ШВ в данном эксперименте составило 4400 км.

21.01-01.376 Результаты дистанционного мониторинга атмосферы методами радиометрии в условиях обледенения воздушного судна. Шелезов А.П., Шелезова Е.А., Ильин Г.Н., Быков В.Ю., Стэмковский В.Г., Шишкин А.М. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 50.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 87-96. Рус.

Представлены результаты анализа дистанционных радиометрических измерений параметров атмосферы в Геофизической обсерватории ИМКЭС СО РАН (Томск) в интервалы, совпадающие по времени с явлениями обледенения воздушного судна (ВС), фиксируемыми аэродромной службой. Наблюдения проводились в осенне-зимний период наиболее вероятного проявления обледенения ВС с 28.10.2016 по 28.02.2017. Показано, что величину интегрального влагосодержания атмосферы, регистрируемую наземными радиометрическими средствами в реальном времени, возможно использовать в качестве предиктора явления обледенения ВС в облаках, наряду с профилем температуры. Сформулирован количественный критерий возникновения условий, приводящих к обледенению ВС, и способ определения таких условий методом наземного дистанционного радиометрического зондирования атмосферы в реальном времени.

21.01-01.377 Каталог нумерованных малых планет на сайте ИПА РАН. Аксис Д.А., Безруков И.А., Бондаренко Ю.С., Водолагина А.Г., Железнов Н.Б., Кочетова О.М., Кузнецов В.Б. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 3-12. Рус.

Каталог нумерованных малых планет, размещенный на сайте ИПА РАН (URL: <http://iaaras.ru/dept/lbss/mpc/>), является русскоязычным источником сведений о динамике малых планет. Он основан на оригинальных исследованиях и результатах работы программного обеспечения, разработанного в ИПА РАН. Информация о наблюдениях малых планет считывается с сайта Международного Центра малых планет и служит основой для уточнения орбит этих тел и прогнозирования их движения вокруг Солнца на протяжении ближайших двадцати лет. При присвоении малой планете номера или имени на сайте ИПА РАН появляется информация об истории ее открытия, наименование малой планеты, параметры орбиты и ее визуализация, обстоятельства сближений с возмущающими планетами, включенными в модель движения, и другие полезные сведения. Для хранения и извлечения информационных файлов в различных форматах (.html, .png, .txt) используется S3-совместимое объектное хранилище, построенное на базе программного обес-

печения Сeph.

21.01-01.378 Результаты наблюдений блазаров на радиотелескопе РТ-32 в обсерватории «Светлое» ИПА РАН. Архаров А.А., Рахимов И.А., Иванов Д.В., Ипатов А.В., Ларионов В.М., Андреева Т.С. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 13-19. Рус.

Представлены первые результаты наблюдений, полученные в обсерватории «Светлое» ИПА РАН в рамках проекта WEBT (Whole Earth Blazar Telescope, Всемирный Блазарный Телескоп). Этот международный проект, возглавляемый итальянскими астрономами, объединяет усилия обсерваторий всего мира и нацелен на комплексное исследование активных ядер галактик во всем диапазоне электромагнитного спектра, от радиоволн до гамма-излучения. Обсерватория «Светлое» включилась в проект в марте 2018 г. и с этого времени в рамках программы «Шкала» ведет регулярные наблюдения на телескопе РТ-32 на частотах 4.8 и 8.5 ГГц. Получены первые результаты измерения плотности потока на указанных частотах для нескольких объектов, наиболее полно представлены результаты мониторинга плотности потока радиоизлучения блазара 3С 279, который является одним из самых активных источников этого типа.

21.01-01.379 Программное обеспечение для одно-временного захвата и записи мультигигабитного потока РСДБ-данных, передаваемого по сети Ethernet. Безруков И.А., Сальников А.И., Яковлев В.А., Вылегжанин А.В. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 20-25. Рус.

Представлено обоснование выбора структуры системы буферизации и передачи данных, описано разработанное для этой системы программное обеспечение на основе специализированного средства обработки высокоскоростного потока данных netmap. Подробно описаны состав аппаратного обеспечения (модель сервера и дискового массива, процессоры и сетевые устройства, используемый объем оперативной памяти), а также системы буферизации и передачи данных. Приведены результаты работы программного обеспечения в составе системы буферизации и передачи данных при проведении наблюдений за период 2016–2019 гг. на радиотелескопах РТ-13 в обсерваториях «Бадары», «Зеленчукская» и «Светлое» РСДБ-комплекса «Квазар-КВО».

21.01-01.380 Концепция создания системы мониторинга и управления экологическим состоянием околоземного космического пространства. Ведешин Л.А. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 26-31. Рус.

Рассмотрена проблема засорения ближнего космоса искусственными объектами и их фрагментами, ее влияние на безопасность полетов искусственных спутников Земли, пилотируемых космических кораблей и орбитальных космических станций, а также вопросы международно-правового регулирования проблемы космического мусора (КМ). Российской академией наук совместно с Роскосмосом разрабатывается Программа фундаментальных научных исследований КМ, выдаются задания по разработке эффективных методов изучения этой проблемы. На государственном уровне изучаются вопросы создания специальной службы по мониторингу и управлению экологическим состоянием околоземного космического пространства.

21.01-01.381 Устройство контроля параметров радиоастрономических приемников S/X-диапазонов. Векшин Ю.В., Зотов М.Б., Лавров А.С. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 32-41. Рус.

Для контроля параметров радиоастрономических приемников S/X-диапазонов и их стабильности на радиотелескопах в обсерваториях в ИПА РАН разработано компактное устройство контроля параметров. Устройство предназначено для контроля выходной мощности, коэффициента передачи, шумовой температуры и стабильности перечисленных параметров приемников как в целом, так и их составных частей (криогенных приемных блоков и блоков преобразования частоты). В работе приведено описание и принцип работы устройства. Представлены мето-

дики и результаты измерений стабильности приемников S/X-диапазонов, определяемой по дисперсии Аллана, с помощью разработанного устройства. Сопоставлены результаты измерений стабильности коэффициентов передачи и шумовой температуры с помощью устройств с результатами, полученными с помощью измерителя мощности, векторного анализатора цепей и анализатора коэффициента шума. Приведено сравнение стабильности приемника в режимах полной мощности и в модуляционном.

21.01-01.382 Анализ стабильности задержки сигналов в приемно-регистрирующей аппаратуре радиотелескопов РТ-13 по результатам корреляционной обработки РСДБ-наблюдений. *Векшин Ю.В., Кен В.О. Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 42-48. Рус.

Одной из главных характеристик радиоинтерферометра является точность определения групповой задержки принимаемого сигнала. Стабильность групповой задержки определяется в том числе стабильностью инструментальной задержки сигнала в приемно-регистрирующей аппаратуре. В статье представлены методика и результаты исследований стабильности задержки сигналов в приемно-регистрирующей аппаратуре радиотелескопов РТ-13 в S-, X- и Ka-диапазонах с помощью корреляционной обработки наблюдений, полученных методом радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ). Проведена часовая сессия наблюдений при непрерывном сопровождении космического радиоисточника и вычислены разности наблюдаемой и расчетной задержек. Выполнено сравнение измеренных значений отношения сигнал/шум и среднеквадратического отклонения (СКО) задержки корреляционного отклика с расчетными значениями. Получены зависимости отношения сигнал/шум и СКО Аллана задержки корреляционного отклика от времени усреднения.

21.01-01.383 Астероиды С и Х-типов в группе Венгрии. *Виноградова Т.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 49-57. Рус.

Произведен анализ таксономического состава астероидов в группе Венгрии. Ранее в этой области были выделены два семейства астероидов: (434) Hungaria и (1019) Strakea. Последнее семейство образовано астероидами S- и L-типов, что не вызывает никаких сомнений, поскольку такие астероиды преобладают во внутренних областях пояса астероидов. Относительно очень крупного семейства (434) Hungaria найдено, что оно состоит из астероидов C-, X-типов. Известно, что родственные углистым хондритам C-астероиды преобладают во внешних областях. Наличие большого количества таких объектов в самой внутренней области пояса астероидов потребовало специального исследования. С использованием самых последних данных было найдено, что астероиды C- и X-типов в группе Венгрии характеризуются очень высоким альбедо. Это позволило сделать вывод, что в данном случае астероиды C-типа были классифицированы ошибочно. В действительности астероиды C-типа, также как и X типа, в семействе (434) Hungaria должны быть отнесены к типу E.

21.01-01.384 Развитие базы данных скоростей ГНСС-станций на территории Восточно-Европейской платформы. *Горшков В.Л., Щербakov Н.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 58-62. Рус.

Поле скоростей станций ГНСС (Глобальной навигационной спутниковой системы) является исходным материалом для геодинимических исследований, в том числе для изучения и мониторинга деформационных процессов в зонах разломов и сейсмической активности. В общедоступных глобальных базах данных скоростей станций европейская территория России представлена десятком станций, без отражения количества постоянно действующих в РФ в настоящее время ГНСС-станций, что не соответствует масштабам научных и прикладных задач для столь обширной территории. Для решения геодинимических задач совместно с коллегами различных геодезических организаций создана, поддерживается и расширяется общедоступная и однородная по методу обработки база данных скоростей ГНСС-станций на территории, приблизительно охватывающей

Восточно-Европейскую платформу. На начало 2019 г. база содержит более 350 станций с продолжительностью наблюдений свыше двух лет. Приведены основные параметры базы данных скоростей ГНСС-станций.

21.01-01.385 Требования Минобороны России к фундаментальному сегменту ГНСС ГЛОНАСС на период до 2030 г. *Ивашина А.В., Топорков И.С., Глuzдов А.Н., Кулешов Ю.В., Сажно И.В., Косынкин А.И., Козлов А.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 63-72. Рус.

Подведен итог решения задач в фундаментальном сегменте глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в рамках федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012—2020 годы». Определен и сформулирован перечень задач перед фундаментальным сегментом глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в новом плановом периоде до 2030 г. Заданы требования Минобороны России к фундаментальному сегменту ГНСС ГЛОНАСС на период до 2030 г.

21.01-01.386 Оптимизация планирования часовых РСДБ-сессий для определения поправок Всемирного времени. *Куделькин А.А., Курдубов С.Л. Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 73-81. Рус.

Часовые наблюдения, полученные методом радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ), вносят большой вклад в регулярное вычисление поправок к всемирному времени UT1. Поскольку вариации данного параметра существенны даже на малых интервалах времени, а точное знание всемирного времени критически важно для работы спутниковых систем навигации, необходимо оперативное и точное измерение поправок к всемирному времени. В данной статье рассматриваются применяемые в настоящее время алгоритмы планирования: минимизации ковариационной матрицы и покрытия неба. Для алгоритма минимизации ковариационной матрицы предложены некоторые модификации — генетический алгоритм и алгоритм замены источников — призванные улучшить его работу в случае часовых сессий. Проведено моделирование РСДБ-наблюдений для вычисления поправки к всемирному времени UT1 по наблюдениям РСДБ-комплекса «Квazar-КВО» и оценено полученное среднеквадратическое отклонение разброса параметров для каждого из алгоритмов.

21.01-01.387 Динамическая модель Солнечной системы в эфемеридах планет ЕРМ. *Питвева Е.В., Павлов Д.А., Питвев Н.П. Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 82-92. Рус.

Точность определения координат в эфемеридах ЕРМ для внутренних планет составляет несколько метров и 10—20 м — для Юпитера и Сатурна. Необходимость построения более точных эфемерид планет требует совершенствования динамической модели Солнечной системы. При построении эфемерид тел Солнечной системы обычно учитываются возмущения от Солнца, планет и Луны, а также основные релятивистские эффекты. В статье рассмотрены возмущения следующего порядка малости, которые также оказывают влияние на движение планет. Такими возмущениями являются притяжение со стороны Главного пояса астероидов, пояса Койпера, троянцев Юпитера, а также сжатие Солнца и релятивистский эффект Лензе—Тирринга. Кроме того, оценено влияние всех этих возмущений на движение планет Солнечной системы и приведены области в Солнечной системе, где влияние этих возмущений проявляется максимально.

21.01-01.388 Разделившиеся кометы и обстоятельства разделения четырех комет. *Чернетенко Ю.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 51.* СПб.: ИПА РАН. 2019, с. 93-107. Рус.

Обстоятельства разделения комет изучаются главным образом по методике, предложенной З. Секаниной. Она состоит в определении методом наименьших квадратов (МНК) даты разделения, компонент скорости и радиальной составляющей негравитационного ускорения фрагмента относительно центрального тела. Методика основывается на позиционных положениях фрагмента относительно ядра кометы. Существуют

и другие способы исследования таких тел. В работе предлагается следующий подход. На полученной орбите основного тела с некоторым шагом выбираются моменты разделения, при этом координаты точки разделения считаются общими также и для фрагмента. Затем компоненты скорости фрагмента и параметры негравитационного ускорения по модели Марсдена определяются МНК из позиционных наблюдений фрагмента, что позволяет оценить относительную скорость разделения и угол между вектором этой скорости и направлением на Солнце. Рассмотрены обстоятельства разделения комет 101P, 213P, P/2013 R3, P/2016 J1, выполнено сравнение с результатами других авторов.

21.01-01.389 Программное обеспечение для анализа стабильности сигналов в приемно-регистрирующей аппаратуре радиотелескопа по результатам обработки сигналов фазовой калибровки. Зорин М.С., Кен В.О. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 3-8. Рус.

Цель работы — создание ПО для анализа стабильности сигналов в приемно-регистрирующей аппаратуре радиотелескопа по результатам обработки сигналов фазовой калибровки (СФК). ПО разработано на языке Python 2.7 с использованием библиотек «NumPy» и «Matplotlib» для вычисления по выходным данным программных корреляторов DiFX и RASFX инструментальных задержек, возникающих в сигнале при прохождении приемно-регистрирующего тракта. В работе использованы аналитические методы исследования, методы императивного программирования на языке Python, а также аппарат математического анализа и математической статистики. Разработанное ПО может применяться для контроля стабильности задержки СФК при проведении РСДБ-сеансов на длительных временных интервалах. В частности, ПО использовалось для отслеживания стабильности задержки СФК в течение получасового сеанса наблюдения Ru0804, проведенного на РСДБ-сети «Квazar-КВО» 20 сентября 2019 г. В статье также описаны математические алгоритмы и реализованный функционал.

21.01-01.390 Исследования физической либрации Луны в Национальных астрономических обсерваториях Китая. Пин Д., Ли В., Ван М., Ян Й., Чжан В., Чжан Д., Хан С., Сан Д., Чен Л., Гусев А.В. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 9-17. Рус.

Исследования Луны продолжают оставаться серьезным вызовом для науки, технологий и бизнеса. К реализации международных и национальных лунных программ приступили новые участники, такие как Китай, Япония, Европейское космическое агентство (ЕКА) и Индия. Были запущены новые космические и посадочные аппараты, планируется создание возвращаемых лунных модулей и долговременных лунных баз. Тем не менее текущий уровень знаний о Луне не соответствует возникающим при реализации лунных программ требованиям. В частности, построение теорий вращения и внутреннего строения Луны является одной из не до конца решенных научных проблем. Дополнительные исследования в этой области позволят повысить безопасность, энергетическую эффективность и точность навигации при реализации лунных программ. Для того чтобы осуществить китайскую программу по посадке на Луну и возвращению человека на Землю, в Национальных астрономических обсерваториях Китая (НАОК) проводятся исследования с целью улучшения эфемерид Луны, а также для изучения внутренней структуры и эволюции Луны, сравнительной динамики планет Солнечной системы и физической либрации Луны. Серия экспериментов по лунным радиотехническим измерениям была проведена в Китае совместно с международными институтами. В этих экспериментах исследовались некоторые эффекты физической либрации Луны, которые могут повлиять на деятельность перспективных лунных станций.

21.01-01.391 Прогресс в исследованиях окололунного пространства. Ван М., Пин Д., Ван М., Хан С. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 18-22. Рус.

Несмотря на то, что Луна является одним из наиболее исследованных объектов, степень изученности около-лунного про-

странства, в отличие от околоземного, до сих пор недостаточна. В данной статье представлен обзор достижений современных исследований и существующих проблем в изучении лунной космической среды, которые были выявлены в радиоэкспериментах и исследованиях на поверхности Луны. По результатам запуска двух программ НАСА, ARTEMIS и LADEE (Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer, «Программа исследования лунной атмосферы и пылевого окружения»), на сегодняшний день доступна информация об электромагнитном поле Луны и лунной пыли. Радиоэксперименты были проведены с участием автоматических станций Луна-19 и Луна-22, КА Selene и КА для облета Луны, возвращения и вхождения в плотные слои земной атмосферы. Результаты наблюдений подтвердили, что ионосфера вокруг Луны действительно существует, максимальная концентрация столба электронов составляет около $0.5 \cdot 10^{16}$ электронов/м²·м². Различия значений концентрации столба электронов в ионосфере Луны, измеренных различными КА, говорит о том, что необходимы дополнительные наблюдения для понимания изменений лунной ионосферы во времени. Низкочастотное радиоастрономическое экспериментальное оборудование на борту ретрансляционных спутников и посадочного аппарата Chang E-4 было предназначено для записи низкочастотных радиосигналов и могло обнаруживать возможные волны в плазме, что способствует дальнейшему изучению окололунного пространства.

21.01-01.392 Усовершенствованная система регистрации радиоизлучения в спектральных линиях. Гренков С.А., Кольцов Н.Е. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 23-29. Рус.

В системе регистрации спектров космического радиоизлучения в спектральных линиях амплитуды компонентов вычисляемого спектра мощности калибруются по шумовой температуре импульсного пилот-сигнала, который генерируется модулируемым широкополосным генератором шума калибровки и вводится на вход приёмно-усилительного канала радиотелескопа. Для калибровки используется среднее значение шумовой температуры импульсов калибровки в широкой полосе промежуточных частот, которое измеряется предварительно радиометрическим устройством и считается постоянным во всей полосе промежуточных частот. Но реальная шумовая температура импульсов калибровки на частоте исследуемого сигнала может отклоняться от среднего значения из-за неравномерности мощности генератора шума калибровки в широкой полосе частот и неравномерности коэффициента его связи с приёмным каналом в этой полосе. Эти отклонения могут быть причиной значительных (до 30—40%) ошибок при определении амплитуд компонентов спектра мощности и шумовых температур сигнала, так как шумовая температура импульсов калибровки является масштабирующим коэффициентом. Целью статьи является разработка способа устранения ошибок определения амплитуд компонентов спектра исследуемого узкополосного сигнала, которые связаны с неравномерностью мощности импульсов калибровки в полосе промежуточных частот, а также разработка и испытания спектрометрического модуля, реализующего этот способ. Для устранения ошибок амплитудной калибровки спектров узкополосного космического радиоизлучения, связанных с неравномерностью спектра мощности генератора шума калибровки, введён дополнительный канал вычисления широкополосного спектра мощности шумовых импульсов, работающий параллельно с узкополосным вычислителем спектра мощности принимаемого сигнала. По спектру мощности шумовых импульсов определяется истинное значение шумовой температуры импульсов калибровки на частоте принимаемого сигнала, которое затем используется при вычислении спектра узкополосного радиоизлучения. Введение в систему регистрации узкополосного радиоизлучения дополнительного канала вычисления широкополосного спектра мощности шумовых импульсов калибровки позволило устранить влияние неравномерности и нестабильности мощности шумовых импульсов пилот-сигнала, значительно повысить точность амплитудной калибровки спектра исследуемого сигнала и повысить качество регистрации слабых нестационарностей радиоизлучения.

21.01-01.393 Первые космические эксперименты по лазерной локации Луны (К 50-летию посадки на Лу-

ну «Лунохода-1»). *Ипатов А.В., Ведешин Л.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 30-37. Рус.

10 ноября 1970 г. состоялась мягкая посадка на Луну советской космической станции «Луна-17» с первым в мире самоходным аппаратом «Луноход-1». На борту «Лунохода-1» был установлен советско-французский лазерный ретрорефлектор для проведения космических экспериментов по локации Луны. До этого — 16—21 июля 1969 г. — на Луну был запущен и доставлен американский посадочный аппарат Аполлон-11. Всего за период 1969—1973 гг. на поверхности Луны было установлено пять ретрорефлекторов (3 — США и 2 — СССР), включая ретрорефлектор «Лунохода-2». С использованием этих ретрорефлекторов уже более 50 лет проводится лазерная локация Луны, а также проведено более 27000 наблюдений (нормальных точек). Точность светолокационных наблюдений Луны за это время выросла на несколько порядков. Анализ полученных результатов показал, что это один из самых эффективных методов исследования Луны, а в ближайшем будущем, возможно, и других объектов Солнечной системы. Все современные высокоточные лунные эфемериды построены на основе светолокационных наблюдений Луны, причем особый интерес представляет их использование для изучения тонких деталей вращения Луны, связанных с особенностями ее внутреннего строения, гравитационного поля, распределения масс на Луне и приливных явлений. Статья посвящена описанию истории и технических деталей первых советских экспериментов по лазерной локации Луны и приурочена к 50-летию посадки на Луну «Лунохода-1».

21.01-01.394 Использование радиолокации лунного посадочного аппарата Chang E-3 для синхронизации удаленных стандартов частоты и калибровочных тестов. *Ли В., Пин Д., Ван М., Сан Д., Маршалов Д.А., Бондаренко Ю.С. Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 38-43. Рус.

При проведении высокоточных радиотехнических измерений с помощью КА, находящихся в окрестности Луны или в дальнем космосе, погрешности синхронизации стандартов времени и частоты станций слежения или РСДБ-станций приводят к дополнительным погрешностям в доплеровских, дифференциальных доплеровских и РСДБ-измерениях. Для решения этой проблемы авторами разработан и протестирован новый метод синхронизации стандартов времени и частоты с использованием передачи и калибровки частоты между удаленными станциями слежения за дальним космосом, и/или РСДБ-станциями. К настоящему моменту в результате фазовой радиолокации Луны по программе Chang E-3 получены измерения миллиметрового уровня точности. Эти наблюдения дают возможность удаленно синхронизировать стандарты частоты и провести калибровку. Измерения проводились двухпутевым и трехпутевым методами на китайских станциях дальней космической связи Jiamusi и Kashi. Кроме того, часть экспериментов по синхронизации стандартов частоты была проведена совместно с Россией. На основе программного обеспечения для векторной астрометрии Военно-морской обсерватории (Naval Observatory Vector Astrometry Software, NOVAS) создана и поддерживается программа для обработки радиолокационных измерений. Результатом применения этой программы явилось достижение субмиллиметровой точности в моделировании измерений дальности и скорости ее изменения, что позволяет проводить сравнительный анализ параметров, полученных как во время наблюдений, так и в результате математического моделирования. Таким образом, была достигнута точность синхронизации удаленных стандартов частоты на уровне нескольких МГц при измерениях в X-диапазоне.

21.01-01.395 Система управления редуктора светосилы SCORPIO-2. *Перепелицын А.Е., Амирханян В.Р., Мосеев А.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 44-53. Рус.

Описывается система управления многорежимного редуктора светосилы SCORPIO-2, работающего в первичном фокусе 6-метрового телескопа CAO РАН. Представлена типичная архитектура системы, позволяющей осуществлять удаленные наблюдения. Детально разбираются принципы функционирования редуктора на аппаратном уровне, в частности, устройство

прецизионного блока с фазовыми поляризационными элементами, предназначенного для высокоточных поляриметрических измерений. Рассматриваются некоторые конструктивные особенности редуктора, а также схема управления его отдельными узлами, реализованная на микропроцессорах. Управление наблюдательным комплексом «SCORPIO-2 + адаптер для калибровки и гидирования + интерферометр + детектор + телескоп» осуществляется при помощи компактного компьютера, встроенного в корпус редуктора светосилы. Кратко описываются особенности пакета программ, написанного для управления наблюдательным комплексом на языке программирования IDL. Создана распределенная система управления экспериментом, позволяющая из единого центра управлять разными инструментами: многорежимным редуктором светосилы, системой калибровки и внесевого гидирования, системой регистрации изображений, системой архивации наблюдательных данных и телескопом. Система управления редуктора светосилы позволяет собрать в одном блоке все элементы прибора, сократив до минимума количество внутренних и внешних связей. Возможность быстрого переключения между различными режимами обеспечивает гибкость в выборе наблюдательных программ под текущее состояние атмосферы, тем самым экономится наблюдательное время.

21.01-01.396 Предварительные результаты построения модели геоида в пределах акватории Мирового океана по данным спутниковой альтиметрии во ФГУП «ВНИИФТРИ». *Цыба Е.Н., Волкова О.А., Пасынок С.Л., Серавича Т.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 54-59. Рус.

Рассмотрен вопрос определения характеристик гравитационного поля на акватории Мирового океана по данным спутниковой альтиметрии. На основе метода «удаления — восстановления» разработано специальное программное обеспечение и выполнено построение цифровой модели геоида для участка акватории Черного моря (долгота: 36.1—37.76°, широта: 42.74—44.38°). Среднеквадратичное отклонение от данных глобальной модели EGM2008 на обозначенном участке для аномалий силы тяжести не превышает 6 мГал. На основе рассмотренной в данной работе методики обработки альтиметрической измерительной информации планируется построение глобальной модели геоида в пределах акватории Мирового океана.

21.01-01.397 О следствиях существования планеты 9, полученных в результате моделирования. *Чернетенко Ю.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 53.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 60-66. Рус.

В работе Batygin K. E., Brown M. E. «Evidence for a distant giant planet in the solar system» авторы показывают, что необычное распределение орбит ряда открытых небесных тел в области рассеянного диска можно объяснить гравитационным влиянием гипотетической планеты 9. Масса планеты оценивается в 5—20 масс Земли, орбита имеет следующие элементы относительно плоскости эклиптики: $\Omega=113^\circ$, $i=30^\circ$, $\omega=150^\circ$, $e=0.6$, $a=700$ а. е. В работе E. Michaely and A. Loeb «Shaping of the inner Oort cloud by Planet Nine» рассмотрено динамическое взаимодействие такой планеты и 32000 частиц нулевой массы на расстояниях 700—7000 а. е. от Солнца. Масса планеты принята равной 10 массам Земли. Моделирование выполнено методом численного интегрирования на интервале в 4 млрд лет. Получено, что некоторые частицы оказываются динамически нестабильными, достигают значений эксцентриситетов $e > 0.98$ и образуют долгопериодические кометы со значениями больших полуосей $a=1100$ —1500 а. е. (до 3000 а. е.) и околосолнечные кометы (Sun grazing comets). Приводятся прогнозируемые распределения значений угловых элементов для этих групп комет. Сравнение их с соответствующими распределениями элементов орбит наблюдавшихся комет не приводится. В настоящей работе получены распределения значений угловых элементов для наблюдавшихся долгопериодических комет с $a=1000$ —2000 а. е. (81 комета) и околосолнечных спорадических комет ($q < 0.1$ а. е., $e=1.0$) (73 кометы). Из-за относительно небольшого количества этих комет только распределения наклонорбит можно считать надежными, и они довольно близки для двух рассмотренных групп комет. Однако эти распределения значительно отличаются от распределений, прогнозируемых в

работе авторов E. Michaely and A. Loeb. Возможные причины этих расхождений рассматриваются.

21.01-01.398 Негравитационные эффекты в орбитальном движении нескольких окосолнечных комет. Чернетенко Ю.А. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 53*. СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 67-73. Рус.

Космической обсерваторией SOHO обнаружены окосолнечные кометы с перигелийными расстояниями $q \approx 0.05$ а. е., которые наблюдались в течение нескольких прохождений вблизи Солнца. В пяти появлениях наблюдались кометы 321P, 322P и 323P, в четырех — комета 342P, в трех — кометы P/1999 J6=P/2004 V9=P/2010 H3 (относятся к группе Марседна) и C/1996 X3=P/2002 S7=P/2008 N4 (относятся к группе Крахта I). Это позволяет определить негравитационные эффекты в их движении и сравнить их с негравитационными эффектами других комет для выяснения возможных отличий этой группы малых тел от периодических и долгопериодических комет. Для 6 комет получены параметры негравитационного ускорения (НУ) для нескольких видов его зависимости от гелиоцентрического расстояния. Ошибки представления наблюдений для всех вариантов каждой из комет близки и не позволяют отдать предпочтение ни одному из них. Выполнено сравнение полученных параметров НУ с аналогичными данными для всех нумерованных и долгопериодических комет из базы JPL. Не выявлены особенности, которые были бы характерны только для этой группы малых тел.

21.01-01.399 «Квazar-KBO» и QVN как объединенная РСДБ-сеть. Чжан М. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 53*. СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 74-79. Рус.

В России создана и действует РСДБ-сеть «Квazar-KBO». Она имеет базовые линии протяженностью более 4000 км, объединяющие Европу и Азию, что при работе с QVN (Q_iTai Telescope (QTT)-coordinated VLBI network) позволяет достичь очень высоких разрешений. Авторы статьи предлагают сотрудничество и проведение совместной работы между российскими и китайскими интерферометрическими сетями с целью полного использования возможностей объединенной РСДБ-сети. Изучение текущего состояния РСДБ-сетей в мире показало, что в центре Евразии еще не достаточно интерферометрических сетей в диапазоне коротких сантиметровых длин волн с километровыми базами. Разрабатываются планы по расширению РСДБ-сети на территории западного Китая, что согласуется со стремлением российских специалистов расширить сеть «Квazar-KBO» на восток. Обе стороны постепенно наращивают свои возможности для проведения совместных наблюдений на более длинных базах. Авторы также поддерживают идею сотрудничества между соответствующими институтами России и Китая с целью обеспечения совместности в работе систем преобразования сигналов и корреляторов обеих сетей для проведения совместных наблюдений. Специализированное оборудование для наблюдений в режиме одиночного телескопа также может использоваться совместно. Страны должны использовать преимущества обеих сетей для дальнейшего проведения совместных исследований методом РСДБ. Объединенная сеть на основе «Квazar-KBO» и сети CVN может быть потенциально эквивалентной существующим европейским и американским РСДБ-сетям.

21.01-01.400 Космологические критические тесты на основе многоканальных THESEUS—BTA наблюдений гамма-всплесков. Широков С.И., Соколов И.В., Власюк В.В., Амати Л., Соколов В.В., Барышев Ю.В. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 3, с. 235-249. Рус.

Современная многоканальная (multimessenger) астрономия — это мощнейший инструмент для проведения критических тестов стандартной космологической модели в широком интервале красных смещений до $z \sim 10$. Эта проверка принципиально важна в контексте дискуссии, связанной с расхождением локальных и глобальных оценок космологических параметров. Мы представляем обзор многоканальных наблюдений гамма-всплесков, осуществляемых в настоящее время и планируемых в рамках программы кооперации THESEUS—BTA. Такие наблюдения предоставляют уникальную возможность проверки фундаментальных оснований космологических моде-

лей: теории гравитации, космологического принципа однородности и изотропности крупномасштабного распределения материи и парадигмы расширения пространства. Обсуждается важная роль различных селекционных эффектов, ведущих к систематическим искажениям реальных космологических соотношений. Ключевые слова: космология; наблюдения — крупномасштабная структура Вселенной — гамма-всплески.

21.01-01.401 Крупномасштабное распределение галактик поля HS 47.5-22. II. Анализ наблюдательных данных. Гроховская А.А., Додонов С.Н., Мовсесян Т.А. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 3, с. 250-266. Рус.

Представлены результаты работы по изучению крупномасштабного распределения галактик до $z \sim 0.8$ в поле HS 47.5-22 на основе фотометрических данных 1-м телескопа Шмидта БАО НАН. Полная выборка содержит 28 398 галактик ярче $m_{AB} = 23^m$ до $z \sim 0.8$. Скучивания плотности в крупномасштабном распределении галактик определялись с помощью двух независимых методов восстановления карт контраста плотности в 57 тонких слоях трехмерного распределения галактик: алгоритма с адаптивным ядром и сглаживанием плотности окружения и диаграмм Вороного. Нами было определено более 250 значимых крупномасштабных скупиваний плотности. Полученные результаты демонстрируют широкий диапазон структур от 0.5 Мпк до 10 Мпк (сопутствующий размер) на полном интервале красных смещений до $z \sim 0.8$. Ключевые слова: галактики: скопления; общее — галактики: статистика.

21.01-01.402 Исследование областей звездообразования в пекулярных галактиках NGC 660, NGC 1512, NGC 4395 и NGC 4618. Смирнова К.И., Вибе Д.З., Моисеев А.В., Йоша Г.И.Г. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 3, с. 267-281. Рус.

Представлены результаты определения возраста, удельного содержания гелия Y, металличности [Fe/H], и содержаний элементов C, O, Na, Mg, Ca, Ti, Cr и Mn для 26 шаровых скоплений Галактики. Применена разработанная нами оригинальная методика, использующая спектры умеренного разрешения интегрального излучения шаровых скоплений и модели звездных атмосфер и дополненная в данной работе автоматическим учетом скорости микротурбуленции при расчете спектров звезд скоплений. На материале данных, полученных для 26 объектов, а также результатов наших предыдущих работ показано, что определенные нами содержания элементов, за исключением углерода, согласуются с литературными оценками, полученными как по интегральным спектрам скоплений, так и по спектральным наблюдениям высокого разрешения их ярчайших звезд. Наши оценки [C/Fe] согласуются с литературными, полученными по интегральным спектрам скоплений. Систематическое отличие в содержаниях [C/Fe] скоплений от литературных данных для ярчайших звезд нами интерпретировано как эффект изменения химического состава атмосфер звезд в процессе их эволюции. Абсолютные оценки возраста и средние Y скоплений находятся в разумном согласии с литературными данными, полученными при исследованиях диаграмм «цвет—звездная величина» скоплений. Ключевые слова: шаровые скопления: общее — шаровые скопления: химический состав — галактики.

21.01-01.403 Анализ интегральных спектров галактических шаровых скоплений. Шарина М.Е., Шиманский В.В., Шиманская Н.Н. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 3, с. 282-302. Рус.

Представлены результаты определения возраста, удельного содержания гелия Y, металличности [Fe/H], и содержаний элементов C, O, Na, Mg, Ca, Ti, Cr и Mn для 26 шаровых скоплений Галактики. Применена разработанная нами оригинальная методика, использующая спектры умеренного разрешения интегрального излучения шаровых скоплений и модели звездных атмосфер и дополненная в данной работе автоматическим учетом скорости микротурбуленции при расчете спектров звезд скоплений. На материале данных, полученных для 26 объектов, а также результатов наших предыдущих работ показано, что определенные нами содержания элементов, за исключением углерода, согласуются с литературными оценками, полученными как по интегральным спектрам скоплений, так и по спектраль-

ным наблюдениям высокого разрешения их ярчайших звезд. Наши оценки $[C/Fe]$ согласуются с литературными, полученными по интегральным спектрам скоплений. Систематическое отличие в содержаниях $[C/Fe]$ скоплений от литературных данных для ярчайших звезд нами интерпретировано как эффект изменения химического состава атмосфер звезд в процессе их эволюции. Абсолютные оценки возраста и средние Y скоплений находятся в разумном согласии с литературными данными, полученными при исследованиях диаграмм «цвет—звездная величина» скоплений. Ключевые слова: шаровые скопления; общие — шаровые скопления: химический состав — галактики.

21.01-01.404 Оценка шкалы высот пояса Гулда по звездам типа Т Тельца из каталога GAIA DR2. Бобылев В.В., Байкова А.Т. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 3, с. 303-314. Рус.

Проанализированы пространственные и кинематические свойства большой выборки молодых звезд типа Т Тельца из окрестности радиусом 500 пк, тесно связанных поясом Гулда. Определены следующие значения параметров экспоненциального распределения плотности: среднее $(z_G)_\odot = -25 \pm 5$ пк и шкала высот $(h_G = 56 \pm 6$ пк. Предложен метод устранения из выборки фоновых звезд, находящихся на больших высотах по отношению к плоскости симметрии пояса Гулда. Обнаружено, что эффект расширения всей звездной системы, $(K_G = 6 \pm 1$ км s^{-1} кпк $^{-1}$, определяется главным образом динамикой ассоциации Скорпиона—Центавра. Показано, что угловая скорость остаточного собственного вращения пояса Гулда может достигать значения $\Omega_G = 6.9 \pm 0.2$ км s^{-1} кпк $^{-1}$ и по направлению это вращение противоположно галактическому. Ключевые слова: звезды: кинематика и динамика — звезды: Т Tauri, Ae/Be Хербига.

21.01-01.405 Сверхбыстрая переменность профилей линий в спектрах ОВА-звезд. II. A0-звезда α^2 . Холтыгин А.Ф., Батраков А.А., Фабрика С.Н., Валеев А.Ф., Костенков А.Е., Цица О.А. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 3, с. 315-321. Рус.

Продолжение исследований сверхбыстрой переменности профилей линий в спектрах звезд ранних спектральных классов, выполненных в 2017 и 2018 гг. Мы изучали переменность профилей линий в спектре ОВА-звезд с многорежимным фокальным редуктором SCORPIO на 6-м телескопе БТА. Обнаружены короткопериодические регулярные вариации линий H и He в спектрах химически пекулярной A0Vp-звезды α^2 CVn с периодами примерно от 30 до 135 минут. Использование оконного Фурье-преобразования позволило обнаружить квазирегулярные транзитные вариации профилей бальмеровских линий с периодами 3–6 минут. Обсуждается возможное происхождение обнаруженных быстрых спектральных вариаций. Ключевые слова: звезды: магнитное поле — звезды: химически пекулярные — звезды: индивидуальные: α^2 CVn.

21.01-01.406 Сверхбыстрая переменность профилей линий в спектрах ОВА звезд. III. A0 звезда α^2 , новые результаты. Холтыгин А.Ф., Моисеева А.В., Якунин И.А., Хубриц С. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 3, с. 322-332. Рус.

Продолжение исследований сверхбыстрой переменности профилей линий в спектрах звезд ранних спектральных классов. По наблюдениям со спектрографом ОЗСП 6-метрового телескопа БТА САО РАН, выполненным 5 января 2020 г., исследована переменность профилей линий в спектре химически пекулярной A0Vp звезды α^2 CVn. Обнаружены короткопериодические регулярные вариации линий H β , линий Fe II и C γ II с периодами приблизительно от 4 до 140 минут. Для всех выполненных наблюдений определено магнитное поле звезды. Измеренное среднее значение продольной компоненты магнитного поля за все время наблюдений примерно 600 Гс, что близко к получаемому по хорошо известной фазовой кривой магнитного поля. Ключевые слова: звезды: переменность, пульсации — звезды: магнитное поле — звезды: химически пекулярные — звезды: индивидуальные: α^2 CVn.

21.01-01.407 Результаты измерений магнитных полей звезд на БТА. VI. Наблюдения 2012 года. Романюк И.И., Моисеева А.В., Семенко Е.А., Кудряв-

цев Д.О., Якунин И.А. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 3, с. 333-349. Рус.

Приводятся полные результаты измерений продольной компоненты магнитного поля Ве и лучевой скорости VR для 163 объектов, в основном химически пекулярных звезд Главной последовательности и звезд-стандартов. Наблюдения выполнены в 2012 году на Основном звездном спектрографе (ОЗСП) 6-м телескопа с зеемановским анализатором. Обнаружено шесть новых магнитных химически пекулярных звезд: HD 84882, HD 109030, HD 170054, HD 189775, HD 341037, BD + 61°2436. Наблюдения проводились в течение 18 ночей, зарегистрировано 560 циркулярно поляризованных спектров. Получены новые данные для 120 магнитных звезд (включая пять стандартных) и 43 немагнитных (включая девять стандартных). Измерены лучевые скорости всех объектов, из них у 46 звезд впервые. Наблюдения стандартных магнитных и немагнитных звезд подтверждают отсутствие каких-либо значимых систематических ошибок, способных внести искажения в результаты измерений Ве. В статье даны комментарии результатов исследования каждой из 163 звезд. Ключевые слова: звезды: магнитное поле — звезды: химически пекулярные.

21.01-01.408 Особенности содержаний некоторых химических элементов в металлических переменных звездах типа RR Лиры галактического поля. Гожа М.Л., Марсаков В.А., Коваль В.В. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 3, с. 350-359. Рус.

По данным дополненного авторского каталога спектроскопических определений содержаний химических элементов в атмосферах переменных звезд типа RR Лиры галактического поля показано, что богатые металлами (металлические) лириды ($[Fe/H] > -1.0$) имеют аномальные содержания некоторых химических элементов. В частности, относительные содержания скандия, титана и иттрия в богатых металлами переменных типа RR Лиры за пределами ошибок меньше, чем в звездах поля аналогичной металличности. Обсуждаются ошибки определения содержаний перечисленных химических элементов. Обращено внимание на то, что обилия европия, циркония и лантана не определены ни в одной металлической лириде. Анализируются возможные причины наблюдаемых особенностей химического состава богатых металлами лирид. Ключевые слова: звезды: переменные: RR Лиры.

21.01-01.409 Возможности использования среднеполосных фильтров для поиска кандидатов в полярны. Габдеев М.М., Фатахуллин Т.А., Борисов Н.В. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 3, с. 360-366. Рус.

Представлен метод поиска кандидатов в полярны с использованием среднеполосных фильтров. Одной из спектральных особенностей полярнов является сильная эмиссионная линия He II $\lambda 4686$. Были подобраны светофильтры фирмы Edmund Optics с центральными длинами волн 470, 540 и 656 нм и шириной пропускания 10 нм. Данные светофильтры покрывают области линии He II $\lambda 4686$, континуума и линии H α соответственно. Построена цветовая диаграмма по имеющимся спектрам полярнов и объектов с нулевым красным смещением из архива SDSS. Показано, что большинство полярнов выделяются в группу с уникальными показателями цвета. На практике метод реализован в САО РАН на телескопе Цейсс-1000 с новым фотометром-поляриметром MMPP. Апробация метода на известных полярнах позволила разработать два критерия отбора кандидатов с эффективностью до 75%. Ключевые слова: методы: наблюдательные — новые, катаклизмические переменные.

21.01-01.410 Предшественник и остаток красной новой V838 Единорога. Горанский В.П., Барсукова Е.А., Буренков А.Н., Валеев А.Ф., Жарова А.В., Кроль П., Метлова Н.В., Шугаров С.Ю. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 3, с. 367-395. Рус.

Представлены результаты многоцветной фотометрии и спектроскопии среднего и низкого разрешения остатка красной новой V838 Mop за 16 лет после вспышки 2002 г., а также данные архивной фотометрии предшественника по пластинкам зоннеберговской и московской коллекций 1928–1994 гг. Анализ этих наблюдательных данных подтвердил, что предшественник взрыва V838 Mop был широкой парой звезд класса B3 V пони-

женной светимости. Взорвался компонент, который был ярче своего уцелевшего спутника на 36% и на диаграмме спектр—светимость находился на главной последовательности нулевого возраста. После окончания вспышки, осенью 2002 г., остаток был коричневым сверхгигантом класса L (sgL), но через год его спектр перешел в класс M. В распределении энергии появился избыток излучения в синем диапазоне, который мы интерпретировали как эффект отражения спутника на пыли в оболочке M-звезды. В 2008 г. спутник V3 V был поглощен расширяющимся остатком взрыва — M-сверхгигантом (sgM). При погружении спутника внутрь сверхгиганта под внешним слоем его оболочки обнаруживается пустота, в которой спутник двигался примерно в течение 200 дней. Светимость сверхгиганта в фильтре V за последние десять лет увеличилась в десять раз, а спектральный класс изменился с M7.5 до M5.5. По лучевым скоростям в линиях Ba II 6497 Å и Ca I 6572 Å обнаружено торможение его расширяющейся оболочки, причем в 2018 г. скорость оболочки сравнялась с гелиоцентрической скоростью звезды 71 км с^{-1} . В кривых блеска появились квазипериодические изменения с периодом 320 дней, особенно четко выраженные в фильтре I. Мы предполагаем, что остаток имеет вытянутую структуру, и его период вращения составляет около 640 дней. Вероятно, это гигантская контактная система, которая при дальнейшем развитии станет разделенной. Наблюдения не подтверждают предположение о том, что взрыв одного из компонентов V838 Mon является следствием слияния компонентов компактной двойной в иерархической тройной системе. Предложены две гипотезы о природе вспышки одного из компонентов V838 Mon, напрямую основанные на раннем возрасте этой системы: (1) включение термоядерного горения водорода в ядре после стадии гравитационного сжатия протозвезды; (2) фрагментация ядра внутри звезды при быстром вращении, обусловленном гравитационным сжатием протозвезды, а затем последовавшая дефрагментация (слияние компонентов ядра) из-за потери вращательного момента. Ключевые слова: звезды: новые, катаклизмические переменные — звезды: индивидуальные: V838 Mon.

21.01-01.411 Определение координат источников радиоизлучения на Солнце по наблюдениям на РАТАН-600 в многоазимутальном режиме. *Опейкина Л.В., Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Черников В.Н.* *Астрофизический бюллетень.* 2020. 75, № 3, с. 396-406. Рус.

Приведено аналитическое описание метода определения координат солнечных радиоисточников по многоазимутальным наблюдениям на РАТАН-600. Рассмотрены модели смещения источника по скану в зависимости от азимута с учетом вращения Солнца и предложен способ оценки изменения скорости смещения, обусловленного вращением. Результаты применения метода продемонстрированы на примере определения координат одного из радиоисточников в активной области NOAA 11520. После устранения грубых ошибок в привязке сканов получены координаты, которые хорошо согласуются с наблюдательными данными. Обсуждаются ошибки координатной привязки сканов.

21.01-01.412 Ионизованный газ в галактике NGC 3077. *Опарин Д.В., Егоров О.В., Моисеев А.В.* *Астрофизический бюллетень.* 2020. 75, № 4, с. 407-423. Рус.

Близкая карликовая галактика NGC 3077 известна своей пекулярной морфологией, включающей многочисленные пылевые прожилки и эмиссионные области. Межзвездная среда в ней находится под воздействием нескольких возмущающих факторов. Прежде всего, к ним относятся центральная вспышка звездообразования и приливные структуры в группе M 81. В статье представлено комплексное исследование состояния ионизации, кинематики и химического состава ионизованного газа NGC 3077, включающее как области звездообразования, так и диффузный ионизованный газ (DIG) на периферии. Движения газа в эмиссионной линии H α изучались методом 3D-спектроскопии со сканирующим интерферометром Фабри—Перо в составе прибора SCORPIO-2 на 6-м телескопе CAO РАН с высоким спектральным разрешением ($R \approx 15\,000$). Изображения в основных оптических эмиссионных линиях были получены с помощью фотометра с перестраиваемым фильтром MaNGA на 2.5-м телескопе КГО ГА-

ИШ МГУ. Спектрофотометрия с длинной щелью с разрешением ($R \approx 1\,000$ выполнена со SCORPIO-2. Наша оценка металличности газа ($Z = 0.56 Z_{\odot}$ существенно ниже полученного ранее значения, но согласуется с зависимостью «светимость—металличность». Пространственно-разрешенные диагностические диаграммы отношения эмиссионных линий не выявляют корреляции между состоянием ионизации газа и его дисперсией скоростей, что, скорее всего, связано с мощной фотоионизацией молодыми звездами, в то время как вклад ударных волн в возбуждение эмиссионных линий менее существенен. Изучены области локализации многокомпонентных профилей H α . Приводятся аргументы в пользу того, что в основном они связаны не с расширяющимися оболочками, как считалось ранее, а с отдельными кинематическими компонентами вдоль луча зрения. Здесь наблюдается комбинация ветрового истечения из областей звездообразования и аккреции из облаков межгалактического газа в группе M 81. Ключевые слова: галактики: карликовые — галактики: межзвездная среда — галактики: кинематика и динамика — галактики: звездообразование.

21.01-01.413 Галактики с подавленным звездообразованием в скоплениях галактик и их окрестностях. *Копылова Ф.Г., Копылов А.И.* *Астрофизический бюллетень.* 2020. 75, № 4, с. 424-432. Рус.

Исследованы свойства галактик с подавленным звездообразованием (QGs) в пределах «splashback»-радиуса R_{sp} скоплений галактик и за его пределами по данным каталога SDSS. Мы использовали выборку из 40 групп и скоплений галактик и выборку галактик поля на $0.02 < z < 0.045$. Радиусы R_{sp} найдены нами по наблюдаемому интегральному распределению числа галактик в зависимости от квадрата расстояния от центра систем галактик. Мы показываем, что в скоплениях галактик 72% из найденных нами QGs находится в пределах R_{sp} . Около 40% из этих галактик являются галактиками поздних типов с $f_{\text{racDeV}} < 0.8$. Примерно 80% галактик с подавленным звездообразованием имеют звездные массы в интервале $\lg M_{*}/M_{\odot} = [10; 11]$. Нами найдено, что QGs поздних типов и в меньшей степени ранних типов имеют максимальные угловые радиусы $R_{90, r}$ и $R_{50, r}$ вблизи «splashback»-радиуса групп и скоплений галактик. Полученные нами результаты подтверждают предположение о том, что в филаментах, направленных к скоплениям, QGs вблизи их границы более массивны, чем на периферии. Ключевые слова: галактики: скопления—галактики: звездообразование—галактики: эволюция.

21.01-01.414 Расстояние до группы галактик Dorado (Золотая Рыба). *Тихонов Н.А., Галазутдинова О.А.* *Астрофизический бюллетень.* 2020. 75, № 4, с. 433-443. Рус.

На основе архивных снимков космического телескопа Хаббл проведена звездная фотометрия ярчайших галактик группы Dorado (Золотая Рыба): NGC 1433, NGC 1533, NGC 1566 и NGC 1672. На полученных СМ-диаграммах выделены красные гиганты и TRGB-методом измерены расстояния до галактик. Полученные значения — 14.2 ± 1.2 , 15.1 ± 0.9 , 14.9 ± 1.0 и 15.9 ± 0.9 Мпк — показывают, что все названные галактики находятся примерно на одинаковых расстояниях и образуют рассеянную группу при среднем значении расстояния $D = 15.0$ Мпк. В линзовидной галактике NGC 1533 найдено, что голубые и красные сверхгиганты образуют кольцевую структуру на расстоянии 3.6 кпк от центра, а также видны в водородном рукаве между галактиками NGC 1533 и карликовой IC 2038. Высокая металличность этих звезд ($Z = 0.02$) указывает на их происхождение из газа NGC 1533. Ключевые слова: галактики: группы: индивидуальные: Dorado — галактики: расстояния и красное смещение — галактики: индивидуальные: NGC 1433, NGC 1533, NGC 1566, NGC 1672.

21.01-01.415 Шаровые скопления, потерянные сферической карликовой галактикой в Стрельце. *Аракелян Н.Р., Пилипенко С.В., Шарина М.Е.* *Астрофизический бюллетень.* 2020. 75, № 4, с. 444-458. Рус.

Проведен поиск шаровых скоплений, принадлежащих приливному потоку Стрельца (Sgr stream). Мы проанализировали пространственные расположения, лучевые скорости относительно галактического стандарта покоя (V $_{GSR}$), собственные движения и соотношения «возраст—металличность» ([Fe/H])

шаровых скоплений и звезд в приливном потоке. В результате выделены три категории шаровых скоплений: А — несомненно находящиеся в потоке: Terzan 8, Whiting 1, Apr 2, NGC 6715, Terzan 7, Pal 12; В — кинематические выбросы: Pal 5, NGC 5904, NGC 5024, NGC 5053, NGC 5272, NGC 288; С — кандидаты низшего ранга: NGC 6864, NGC 5466, NGC 5897, NGC 7492, NGC 4147. Ключевые слова: Галактика: шаровые скопления: общий — Галактика: структура — галактики: карликовые.

21.01-01.416 О движении звезд в Плеядах по данным GAIA DR2. Данилов В.М., Селезнев А.Ф. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 4, с. 459-477. Рус.

Выполнены оценки ряда параметров скопления Плеяды. Использовались данные Gaia DR2 о координатах, собственных движениях и лучевых скоростях звезд в областях радиусом $d=2.5^\circ$ и размером $60 \times 60^\circ$ вокруг центра скопления. По данным о звездах с величинами $m_G \leq 18^m$ построены карта и профиль плотности, функция светимости и масс скопления, определены радиус скопления, $10.9 \pm 0.3^\circ$ (26.3 ± 0.7 пк), и радиус его ядра 2.62° (6.24 пк), получены оценки числа звезд в скоплении, 1542 ± 121 , и их массы, $855 \pm 104 M_\odot$; числа звезд в ядре скопления, 1097 ± 77 , и их массы $665 \pm 71 M_\odot$. Распределение звезд с $m_G < 16^m$ на расстояниях r_s от центра скопления в трехмерном пространстве $r_s < 1$ пк и при $r_s \sim 1.4-5$ пк содержит радиальные волны плотности. По данным о звездах с $m_G < 16^m$ определена средняя скорость вращения ядра скопления $v_c = 0.56 \pm 0.07$ км с⁻¹ на расстояниях d в картинной плоскости $d \leq 4.6$ пк от его центра. Вращение «прямое», угол между проекцией оси вращения ядра скопления на картинную плоскость и направлением на северный полюс Галактики составляет $\Phi = 18.8 \pm 4.4^\circ$, угол между осью вращения ядра скопления и картинной плоскостью $\tau = 43.2 \pm 4.9^\circ$, скорость вращения ядра скопления на расстоянии $d \approx 5.5$ пк от его центра близка к нулю: $v_c = 0.1 \pm 0.3$ км с⁻¹. По данным о звездах с $m_G < 17^m$ скорость «обратного» вращения скопления на расстоянии $d \leq 7.1$ пк от его центра $v_c = 0.48 \pm 0.20$ км с⁻¹, угол $\Phi = 37.8 \pm 26.4^\circ$. Зависимости от расстояния d до центра скопления модулей тангенциальных и радиальных составляющих поля скоростей движения звезд ядра скопления в картинной плоскости содержат ряд периодических колебаний. Дисперсии скоростей движения звезд ядра скопления σ_v в среднем возрастают с увеличением r_s , что, так же как и радиальные волны плотности и волны колебаний поля скоростей в картинной плоскости, указывает на нестационарность скопления в поле регулярных сил. Длина волны Джинса в ядре скопления убывает, а дисперсия скоростей звезд ядра при джинсовской неустойчивости возрастает после учета влияния на скопление внешнего поля Галактики. Область гравитационной неустойчивости в скоплении Плеяды расположена в интервале $r_s = 2.2-5.7$ пк и содержит 39.4–60.5% от общего числа звезд в рассматриваемых выборках звезд скопления. Получены оценки его динамической массы и приливного радиуса. Ключевые слова: звезды: кинематика и динамика — рассеянные скопления и ассоциации.

21.01-01.417 Исследование относительного движения в системе иерархической тройной звезды ADS 48 на основе наблюдений Gaia DR2 и 26-дюймового рефрактора Пулковской обсерватории. Княева О.В., Жучков Р.Я., Измайлов И.С. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 4, с. 478-491. Рус.

По данным каталога Gaia DR2 о точных положениях и собственных движениях трех компонентов звезды ADS 48, их параллаксах и лучевых скоростях на эпоху 2015.5 определены мгновенные относительные положения и движения компонентов. Только по наблюдениям Gaia DR2 методом параметров видимого движения вычислено семейство орбит пары АВ, из которого выбраны те, что лучше всего согласуются с пулковскими данными. Сравнение с первыми наблюдениями XIX века позволило независимо оценить сумму масс компонентов в диапазоне $1.15 < MA + B < 1.4 M_\odot$. Вычислены орбиты внешней пары: с минимальным периодом $79 \cdot 10^3$ лет и наиболее вероятным — около $3 \cdot 10^5$ лет. Сделан вывод о том, что система устойчива для наиболее вероятного значения относительной лучевой скорости $\Delta V_r = 0.7$ км с⁻¹ и может быть нестабильна вблизи границ возможной разницы скоростей. При детальном анализе однородных пулковских наблюдений выявлено возмущение с

периодом 11 лет. Показано, что данное возмущение связано не со звездой, а с периодическим климатическим процессом, изменяющим условия наблюдений. Сравнение мгновенного и среднего относительного движения не исключает наличие спутника планетной массы у одного из компонентов. Ключевые слова: двойные: общее — звезды: индивидуальные: ADS 48.

21.01-01.418 Ограничение масс нескольких транзитных планет. Гадельшин Д.Р., Валявин Г.Г., Ли Бьён-Чол, Чжонг Гуануй, Хан Инву, Галазутдинов Г.А., Аитов В.Н., Якунин И.А., Бурлакова Т.Е., Валеев А.Ф. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 4, с. 492-495. Рус.

Представлены результаты измерений масс двух экзопланет и одного кандидата в экзопланеты: ранее подтвержденного нами кандидата в системе KOI-974, нового кандидата TESS в системе TOI-1797, а также известного горячего юпитера MASCARA-3b. Измерения выполнены при наблюдениях с помощью первой версии оптоволоконного спектрографа высокого спектрального разрешения 6-м телескопа БТА и с помощью спектрографа БОЕС Бохьонсанской астрономической обсерватории Корейского института космических исследований. Результаты измерений массы MASCARA-3b представлены с целью демонстрации работоспособности нового спектрографа БТА и в пределах ошибок не отличаются от измерений других авторов. Мы дали новую оценку верхнего предела массы KOI-974. В предположении круговой формы орбиты масса экзопланеты не превышает значения 0.16 массы Юпитера. Более сложные формы орбиты не просматриваются на уровне полуамплитуды лучевых скоростей более 20 м с⁻¹, в результате чего можно отнести эту экзопланету к категории непутов. Для планетного кандидата TOI-1797.01 выполнено всего четыре наблюдения, что не достаточно для его уверенной классификации. Между тем измерения лучевых скоростей кандидата по этим четырем наблюдениям исключают его звездную природу. Ключевые слова: методы: наблюдательные — планетные системы.

21.01-01.419 Вероятные внутренние магнитные структуры магнитных звезд. II. Глаголевский Ю.В., Назаренко А.Ф. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 4, с. 496-503. Рус.

Рассмотрены особенности простейших внутренних структур магнитного поля — центрального диполя и смещенного диполя. Отмечена их вековая стабильность, твердость вращения и большое разнообразие ориентации магнитных диполей и величин магнитных полей. Ключевые слова: звезды: магнитное поле — звезды: химически пекулярные.

21.01-01.420 Магнитные поля химически пекулярных и родственных им звезд. VI. Основные результаты 2019 года и анализ ближайших перспектив. Романюк И.И. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 4, с. 504-517. Рус.

Приведен обзор важнейших результатов исследований магнитных химически пекулярных и родственных им звезд. Проанализированы более 90 статей, опубликованных в ведущих мировых астрономических изданиях главным образом в 2019 г. Важнейшие результаты: получены сверхточные фотометрические кривые блеска в ходе миссии спутника TESS; обнаружено несколько десятков новых магнитных химически пекулярных звезд; было показано, что большие магнитные пятна в холодных звездах существуют десятки лет практически без изменений; найдено несколько новых магнитных белых карликов с очень слабыми полями; обнаружен сильномагнитный белый карлик с периодом вращения около 100 лет. Получены новые данные, позволяющие лучше понять механизмы формирования и эволюции магнитных звезд. Ключевые слова: звезды: магнитное поле — звезды: химически пекулярные.

21.01-01.421 Особенности распределения орбит долгопериодических комет во внутренней области облака Оорта. Калинин О.В., Чернетенко Ю.А. *Астрофизический бюллетень*. 2020. 75, № 4, с. 518-527. Рус.

Рассмотрены статистические закономерности в распределении орбит долгопериодических комет, принадлежащих внутренней области облака Оорта (афелльные расстояния, Q , находятся в интервале $50-2000$ а.е.). Показано, что распреде-

ление афелиев неслучайно, и одной из причин появления подобных закономерностей может быть наличие в этой области пространства массивных гипотетических тел. Варьированием параметров орбит таких тел были получены две орбиты, в 20-градусной окрестности каждой из которых находятся афелии 40 комет. Это количество является статистически значимым. В эклиптической системе координат орбиты имеют параметры: $P_1: \Omega_P=297^\circ, i_P=24^\circ, \omega_P=322^\circ, e_P=0.6, a_P=510$ а.е.; $P_2: \Omega_P=92^\circ, i_P=80^\circ, \omega_P=327^\circ, e_P=0.3, a_P=1000$ а.е. Для принятого значения масс этих тел (20 масс Земли) определены минимальные расстояния между их орбитами и орбитами комет и оценено количество афелиев, находящихся в сферах действия этих тел. Получено, что наибольшее количество афелиев находится вблизи орбиты P_1 . Однако число их недостаточно для того, чтобы сделать вывод о реальности существования массивных тел на полученных орбитах. Примечательно, что плоскости орбит P_1 и P_2 в галактической системе координат имеют одинаковые наклоны (40°), а долготы восходящих узлов равны 10 и 170° , т.е. плоскости орбит почти симметричны относительно направления на центр Галактики. Поэтому возможно, что обнаруженная концентрация афелиев орбит рассмотренных комет обусловлена притяжением центра Галактики и/или сложным движением Солнечной системы. Ключевые слова: пояс Койпера: общее — облако Оорта.

21.01-01.422 О повышении эффективности спектроскопии высокого разрешения на БТА методами адаптивной оптики. *Клочкова В.Г., Шелдакова Ю.В., Властьев В.В., Кудряшов А.В. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 4, с. 528-542. Рус.*

Кратко обсуждаются те этапы создания и развития методов спектроскопии высокого разрешения на 6-м телескопе БТА, которые имеют отношение к обозначенной проблеме. Рассматривается возможность многократного повышения эффективности спектроскопии звезд за счет применения современных разработок в области адаптивной оптики. На первом этапе планируется выполнить работы, связанные с контролем и коррекцией изображения по центральной звезде. Этот этап естественно начать на спектрографе, имеющем максимально высокое спектральное разрешение, где относительно яркая исследуемая звезда может служить опорной в методе адаптивной оптики. Ключевые слова: техника: спектроскопия — инструменты: адаптивная оптика.

21.01-01.423 Наблюдения переменности лучевых скоростей звезд по спектрам, полученным с оптоволоконным спектрографом БТА в режиме высокого спектрального разрешения. *Бурлакова Т.Е., Валявин Г.Г., Аитов В.Н., Галазутдинов Г.А., Валеев А.Ф., Якунин И.А., Гадельшин Д.Р., Бычков В.Д., Тавров А.В., Иванов А.Е., Кораблев О.И. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 4, с. 543-546. Рус.*

Представлены результаты наблюдений переменности лучевых скоростей звезд с экзопланетами. Наблюдения ряда звезд с характерными звездными величинам от 8.54 до 10.5^m проводились с помощью нового оптоволоконного спектрографа высокого спектрального разрешения ($R=35\ 000-120\ 000$), стационарно установленного на пяте фундамента 6-м телескопа БТА, в режиме спектральных разрешений от $R=45\ 000$ до $R=65\ 000$ с одновременной регистрацией калибровочного спектра торий-аргоновой лампы с полым катодом. Характерные точности измерений составили от нескольких единиц до нескольких десятков $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$. В перспективе торий-аргоновая лампа будет дополнена эталоном Фабри—Перо для достижения предельных точностей измерений лучевых скоростей звезд до $1\ \text{м}\cdot\text{с}^{-1}$. Ключевые слова: техника: спектроскопия.

21.01-01.424 Цейсс-1000 САО РАН: приборы и методы наблюдений. *Комаров В.В., Москвитин А.С., Бычков В.Д., Буренков А.Н., Драбев С.В., Шергин В.С., Емельянов Э.В., Комарова В.Н., Романенко В.П., Аитов В.Н. Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 4, с. 547-564. Рус.*

Приводится описание телескопа Цейсс-1000 САО РАН, история развития наблюдательных методов и перспективных направлений астрофизических исследований. Подробно уделено

внимание тем приборам и методам наблюдений, которые в настоящее время являются штатными. Ключевые слова: телескопы — техника: фотометрия, поляриметрия, спектроскопия — методы: наблюдательные/.

21.01-01.425 Классические звезды типа Т Тельца: аккреция, ветер, пыль. *Петров П. Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2020. 116, № 2, с. 5-17. Рус.*

Классические звезды типа Т Тельца (СТТС) находятся в ранней фазе эволюции, когда звезда окружена аккреционным диском. Большинство наблюдаемых явлений активности СТТС обусловлены процессами магнитосферной аккреции и ветра. Приводятся примеры наблюдений магнитосферной аккреции и образования эффекта вуалирования фотосферного спектра. Показано, что пыль, выносимая ветром с поверхности аккреционного диска, ответственна за наблюдаемую нерегулярную переменность блеска СТТС. В Крымской астрофизической обсерватории с 2013 г. проводится спектральный и фотометрический мониторинг двух звезд, RY Tau и SU Aur , с целью исследования динамики аккреции и ветра на временной шкале от нескольких суток до нескольких лет. Наблюдаемые изменения динамики газовых потоков могут быть вызваны как изменением темпа аккреции, так и изменением глобального магнитного поля молодой звезды.

21.01-01.426 Звезды типа Т Тельца: магнитные поля и планеты. *Гранкин К. Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2020. 116, № 2, с. 18-33. Рус.*

Представлены результаты исследования крупномасштабных магнитных полей у звезд типа Т Тельца (ТТС). Небольшой спектрополяриметрический обзор 8 молодых звезд был осуществлен в рамках двух международных проектов MaPP (Magnetic Protostars and Planets) и MaTYSSSE (Magnetic Topologies of Young Stars and the Survival of massive close-in Exoplanets) в период с 2009 по 2016 годы. Для каждого нашего объекта мы реконструировали карту яркости и топологию магнитного поля с использованием метода доплер-зеemanовского картирования (ZDI). Обзор содержит краткое описание спектрополяриметрических данных, метода ZDI, пример восстановления яркостных и магнитных карт, а также свойства магнитных полей 8 ТТС. Наши результаты показывают, что AA Tau и LkCa 15 взаимодействуют со своими дисками в режиме пропеллера, когда звездное вращение активно замедляется магнитным взаимодействием между звездой и диском. Мы обнаружили, что магнитные поля некоторых ТТС являются переменными на временном масштабе в несколько лет и, следовательно, по своей природе нестационарны. Мы сообщаем об открытии двух гигантских экзопланет вокруг V830 Tau и TAP 26. Эти два новых обнаружения предполагают, что теория дисковой миграции 2-го типа хорошо объясняет образование горячих юпитеров около молодых ТТС. Результаты нашего обзора сравниваются с общей картиной свойств магнитных полей двадцати ТТС на диаграмме Герцшпрунга—Рассела. Сравнение показывает, что WTTS демонстрируют более широкий диапазон различных топологий магнитного поля по сравнению с СТТС, и что магнитное поле ТТС (СТТС и WTTS) в основном полоидальное и осесимметричное у более холодных (меньше 4300 K) звезд, которые остаются в значительной степени конвективными. Эти выводы нуждаются в подтверждении на основании анализа более представительной выборки молодых звезд.

21.01-01.427 Исследование многолетней спектральной переменности Ae звезды Хербига HD 36112. *Фурсак М., Козлова О. Известия Крымской астрофизической обсерватории. 2020. 116, № 2, с. 34-40. Рус.*

Представлены результаты многолетних высокодисперсионных спектральных наблюдений ($R=20000$) Ae звезды Хербига HD 36112 в области эмиссионных линий $\text{H}\alpha$ и резонансного дублета NaI D . Показано, что параметры эмиссионной линии $\text{H}\alpha$ демонстрируют сложную переменность на нескольких временных шкалах: 1) переменность от ночи к ночи, обусловленную неоднородной структурой околзвездной газовой оболочки; 2) переменность на шкале времени около 1200 суток, характеризующуюся изменением эквивалентной ширины, интенсивности, а также других параметров эмиссии; 3) переменность на шкале времени более 4000 суток, наблюдаемую как многолетний тренд

в изменении параметров эмиссионной линии $H\alpha$. Мы связываем полученные результаты с изменением физических и кинематических условий во внутренних областях аккреционного диска и ветра. Наиболее вероятным механизмом таких изменений является активно идущий в околосреднем диске звезды процесс планетообразования.

21.01-01.428 Влияние формы рассеивающих частиц на силикатную особенность SiO_2 . Петров Д., Жузулина Е., Савушкин А. *Известия Крымской астрофизической обсерватории*. 2020. 116, № 2, с. 41-48. Рус.

Частицы силикатной пыли являются частью многих астрономических объектов, таких как кометы и околосредние диски. В спектре силикаты проявляют ряд характерных эмиссионных особенностей. Обычно для изучения этих силикатных особенностей используется теория Ми, предполагающая, что рассеивающий объект является идеальной сферой. В данной работе мы исследовали вклад несферических частиц кварца (SiO_2) в эти особенности. Исследовано влияние отклонения от сферичности на 10-микронную силикатную особенность кварца. Показано, что отклонение от сферичности оказывает существенное влияние как на интенсивность рассеянного света, так и на фактор рассеяния Q_{sca} , причем с увеличением размера рассеивающей частицы это влияние возрастает. Изучены основные особенности этого влияния как для вытянутых, так и для сплюснутых сфероидов.

21.01-01.429 Распределенный электрический ток и его связь с ультрафиолетовым излучением активной области. Фурсяк Ю., Куценко А. *Известия Крымской астрофизической обсерватории*. 2020. 116, № 2, с. 49-61. Рус.

Используя магнитограммы компонент вектора магнитного поля на уровне фотосферы, получаемые инструментом Helioseismic and Magnetic Imager (HMI), установленным на борту космического аппарата Solar Dynamics Observatory (SDO), вычислены вертикальные электрические токи для активной области NOAA 12192 за период с 22 по 25 октября 2014 года с временным разрешением 12 минут. Выявлено наличие в исследуемой активной области (АО) крупномасштабной токовой структуры — распределенного электрического тока, имеющего абсолютные значения в диапазоне $(40-90) \cdot 10^{12}$ А. Предполагается, что распределенный ток охватывает всю АО, и, выходя в верхние слои солнечной атмосферы в одной части области, замыкается через хромосферу и корону на оставшейся ее части. Для проверки этого предположения проанализирована связь временных изменений величины распределенного тока с уровнем корональной активности, а также с интенсивностью ультрафиолетового излучения (УФ) АО в диапазонах длин волн 1600А, 304А, 193А и 94А. Показано, что: 1) Временные интервалы максимумов величины распределенного тока совпадают по времени с повышенной вспышечной активностью АО. Отсутствие резких изменений величины распределенного тока во время вспышек может быть объяснено высокой индуктивностью токонесущих петель. 2) Грубая оценка магнитной энергии, выносимой распределенным током в корону, дает для АО NOAA 12192 значения $10^{33}-10^{34}$ эрг. Только небольшой объем этой энергии реализуется во время вспышечных процессов в АО, большая ее часть тратится на иные диссипативные процессы в короне. 3) Сравнение временных вариаций интенсивности излучения в канале 193 А с динамикой распределенного тока в АО показывает хорошую взаимосвязь этих величин (коэффициент корреляции $k=0.63$). В то же время отсутствует корреляция между величиной распределенного тока и интенсивностью УФ-излучения в диапазонах 1600А, 304А и 94А. 4) Полученные нами результаты, возможно, могут объясняться концепцией LRC-контура токонесущей корональной петли, предложенной в 1967 году Альфвеном и Карлквистом и развитой в работах В.В. Зайцева, А.В. Степанова и др. Согласно данной модели, крупномасштабные электрические токи должны существовать в верхних слоях солнечной атмосферы и принимать участие в нагреве коронального вещества.

21.01-01.430 Зависимость упругих свойств H_5 -хондритов (NWA 12370) от давления. Воронаев С.А., Нугманов И.И., Душенко Н.В., Дэжинго Я. *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*. 2020. 495, № 1, с. 14-17. Рус.

С помощью ультразвуковых волн изучены механические свойства хондрита NWA 12370, петрологический тип H_5 , в зависимости от внешнего гидростатического давления. Данный метеорит является фрагментом каменного дождя из обломков внутренней части крупного астероида, размером порядка 200 км. На ранней стадии Солнечной системы такие планетозимали вносили существенный вклад в развитие планет земной группы. Понимание особенностей связи внутренней структуры и упругих свойств хондритов важно как для оценки их вклада в состав коры и верхней мантии Луны и Земли, так и для уточнения механизмов формирования металлического ядра у планет земной группы в целом.

21.01-01.431 Возможности зондирования вариаций плотности верхней атмосферы и сейсмоорбитальных эффектов с помощью малоразмерных космических аппаратов. Тертышников А.В. *Приборы и методы измерений*. 2020. 11, № 4, с. 305-312. Рус.

Миниатюрные космические аппараты обладают высоким баллистическим коэффициентом, что выгодно для разрешающей способности зондирования плотности верхней атмосферы. Цель данной работы — показать новые возможности «метода падающих сфер» на основе миниатюризации космических аппаратов. «Метод падающих сфер» используется для зондирования вариаций плотности верхней атмосферы. Рассмотрено техническое решение для диагностики участков орбиты с аномальными изменениями скорости и ускорения движения космических аппаратов, оснащенных бортовыми навигационными приёмниками и микроакселерометрами. Технический результат предложенной разработки — оперативность и рентабельность зондирования вариаций плотности верхней атмосферы, сейсмоорбитальных эффектов — вариаций плотности атмосферы над сейсмоопасными регионами и региональной сейсмической опасности.

21.01-01.432 СЕТИ; SETI — изменение парадигмы. Хаврошкин О.В., Цылаков В.В. *Прикладная физика и математика*. 2020, № 4, с. 36-69. Рус.

С момента окончания формирования такого научного направления как связь с внеземными цивилизациями, обобщенного как СЕТИ, SETI прошло достаточно лет, чтобы ввести в существующую научную парадигму заметные изменения. Отказ от радиотехнических средств связи (приём и передача); признание существования, в галактических масштабах панспермии микроорганизмов включая вирусы; возможность технической реализации приёмопередающих систем на основе нейтринных пучков для связи с внеземными цивилизациями. Дано более глубокое толкование так называемым кругам на полях. Ключевые слова: галактическая панспермия микроорганизмов, нейтринные пучки и галактические приёмопередающие системы, внеземные цивилизации.

21.01-01.433 Метаэллиптические орбиты в классической задаче двух тел. Кукушкин А.В. *Прикладная физика и математика*. 2020, № 6, с. 19-42. Рус.

Представлены физико-математические основы для доказательства существования в классической задаче двух тел постньютоновских решений, обобщающих ньютоновские решения для эллиптических орбит. Обновление ньютоновского подхода основано на законах кинематики пробной массы для сложного движения, когда абсолютная скорость объекта складывается из относительной скорости по эллиптической орбите с эксцентриситетом e и переносной скорости её равномерного вращения с угловой скоростью вокруг неподвижного центра масс системы. В полученном решении является свободным параметром, на выбор которого, однако, должны быть наложены определенные ограничения. Они вытекают из требований для энергетических характеристик системы, которые характерны для сложного движения объекта. В результате их применения установлены точные границы на плоскости для рабочей области, где могут существовать новые решения. Проведенные исследования трансформации формы орбит из этой области позволяют отнести их к метаэллиптическим орбитам. Показано, что движения по орбитам с ретроградной прецессией линии апсид не удовлетворяют введенным энергетическим ограничениям и должны быть отброшены. Ключевые слова: апсидальная скорость, посткеплеровское уравнение, затменные двойные звезды, орбиталь-

ная функция, вращающаяся комплексная плоскость, смешанное слагаемое в выражении для кинетической энергии, метаэллиптические орбиты, сингулярный сектор рабочей области, устойчивый внешний предельный цикл.

21.01-01.434 Галактический архипелаг. Шарф К. В мире науки. 2020, № 3, с. <https://sciam.ru/articles/details/galakticheskiy-arhipelag>. Рус.

Простейшая экстраполяция дает основание предполагать, что если в Млечном Пути существуют другие космические цивилизации, то они, вероятно, распространились бы по всей Галактике с удивительно большой скоростью. Тогда почему же мы не нашли неопровержимых доказательств посещения Земли инопланетянами? Все популярные ответы на эту загадку — то, что мы одиноки, что межзвездные путешествия невозможны, что инопланетяне прячутся от нас, — основаны на предположениях, которые граничат с неправдоподобием. Наиболее вероятное объяснение наблюдаемого одиночества Земли, возможно, состоит в том, что заселение Галактики происходит волнами и что наша цивилизация родилась на планете, расположенной в захолустье, в период временного затишья в нем межзвездных исследований.

21.01-01.435 Космологический кризис. Панек Р. В мире науки. 2020, № 4-5, с. <https://sciam.ru/articles/details/kosmologicheskij-krizis>. Рус.

Астрономы неоднократно вычисляли темп расширения Вселенной — параметр Хаббла — с помощью двух независимых методов. Эти измерения привели к конфликту, который кажется неразрешимым. Один из методов, включающий в себя измерения сверхновых и звезд в относительно ближней к нам Вселенной, сводит к одному значению. Другая стратегия, которая использует свет, оставшийся вскоре после Большого взрыва, дает другое значение. Экспериментальные проблемы могут привести к расхождению, но никто не знает точно, какого рода будут эти проблемы. Другая возможность заключается в том, что конфликт указывает на нераскрытые явления — «новую физику».

21.01-01.436 Первая молекула во Вселенной. Фортенберри Р. В мире науки. 2020, № 4-5, с. <https://sciam.ru/articles/details/pervaya-molekula-vo-vselennoj>. Рус.

Астрохимики изучают молекулы, обнаруженные в космосе, где температура и давление разительно отличаются от земных, поэтому многие из химических веществ там отличаются от тех, с которыми мы знакомы, а некоторые нам вообще неизвестны. Несколько последних важных открытий в этой области меняют наши представления о химии в космосе. Ученые наконец выследили давно предсказанную молекулу, называемую гидридом гелия, или HeH⁺, — как полагают, самое первое соединение, образовавшееся во Вселенной. Ученые также начали выявлять некоторые молекулы, ответственные за диффузные полосы межзвездного поглощения — загадочные химические маркеры, наблюдаемые в течение десятилетий в межзвездном космическом пространстве.

21.01-01.437 Планета родилась. Макгрегор М. В мире науки. 2020, № 8-9, с. <https://sciam.ru/articles/details/planeta-rodilas>. Рус.

Радиотелескоп ALMA, торжественно запущенный в 2011 г., дал астрономам шанс впервые разглядеть детали газопылевых дисков, окружающих звезды. Так называемые околовзвездные диски могут поведать ученым, как формировались и развивались далекие планетные системы, каким образом такие их особенности, как смещение плоскости вращения и ступки, могут указывать на присутствие не различимых иначе планет. Новые телескопы, ввод в строй которых запланирован на предстоящие годы, смогут поднять изучение околовзвездных дисков на новый уровень, который, возможно, позволит нам получить изображения планет внутри дисков.

21.01-01.438 Самые темные частицы. Ван де Уотер Р., Луи У.Ч. В мире науки. 2020, № 8-9, с. <https://sciam.ru/articles/details/samyie-temnye-chasticy>. Рус.

Известно, что фундаментальные частицы, называемые нейтрино, бывают трех видов, или ароматов. Некоторые современ-

ные эксперименты показали намеки на существование странного четвертого аромата — «стерильного» нейтрино, которое не подчиняется ни одной из сил природы, кроме гравитации.

21.01-01.439 Энергия притяжения Луны. Чумаков В. В мире науки. 2020, № 8-9, с. <https://sciam.ru/articles/details/energiya-prityazheniya-luny>. Рус.

По расчетам, мощность земных приливов составляет 2,5 ТВт. Для сравнения: потенциальная мощность всех земных рек чуть превышает 850 МВт.

21.01-01.440 Быстрее, выше, прочнее. Лескова Н.Л., Симоненко Е.П. В мире науки. 2020, № 11, с. <https://sciam.ru/articles/details/bystree-vyshe-prochnee>. Рус.

Какими станут космические корабли и самолеты будущего? Будут ли они кардинально отличаться от нынешней авиакосмической техники и формой, и скоростями передвижения, и материалами, из которых они изготовлены? Об этом — наш разговор с Елизаветой Петровной Симоненко, доктором химических наук, главным научным сотрудником Лаборатории химии легких элементов и кластеров Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, лауреатом Премии Президента РФ для молодых ученых.

21.01-01.441 Межзвездные скитальцы. Моромартин А., Джунет Д. В мире науки. 2020, № 12, с. <https://sciam.ru/articles/details/mezhzvezdnye-skitalcy>. Рус.

Поздним вечером 24 октября 2017 г. одному из нас (Дэвиду Джуитту) пришло электронное письмо с новостью о событии в небесах, которая вызвала замешательство. Астроном Давиде Фарноккиа (Davide Farnocchia) из Лаборатории реактивного движения NASA сообщил о новом объекте на небе с очень странной траекторией. Обнаруженный шестью днями ранее астрономом Гавайского университета Робертом Вериком (Robert Weryk), объект, первоначально обозначенный как P10Ee5V, двигался так быстро, что Солнце не в состоянии было удержать его на орбите. Его расчетная орбита была не замкнутой эллипсом, а открытой кривой, а значит, он никогда к нам не вернется.

21.01-01.442 Коллайдер NICA: Достать до нейтронных звезд. Хужина Я. В мире науки. 2020, № 12, с. <https://sciam.ru/articles/details/kollajder-nica-dostat-do-nejtronnyx-zvezd>. Рус.

В Московской области продолжается строительство коллайдера тяжелых ионов NICA, где будут изучать кварк-глюонную материю — состояние вещества, которое находится в недрах нейтронных звезд. Ученые Объединенного института ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне уже получили из Италии ключевой элемент исследовательской установки MPD (Multi-Purpose Detector) строящегося ускорительного комплекса — катушку сверхпроводящего соленоидального магнита.

21.01-01.443 Побег из черной дыры. Гиддингс С. В мире науки. 2020, № 1-2, с. <https://sciam.ru/articles/details/pobeg-iz-chnoj-dyry>. Рус.

Согласно квантовой механике, информация никогда не может быть уничтожена. Но в сочетании с общей теорией относительности квантовые правила гласят, что черные дыры уничтожают информацию.

21.01-01.444 Зоркий глаз. Уинкс Б. В мире науки. 2020, № 1-2, с. <https://sciam.ru/articles/details/zorkij-glaz>. Рус.

В этом году отмечается двадцатая годовщина Рентгеновской обсерватории NASA «Чандра», которая непрерывно летает вокруг Земли с момента ее запуска в 1999 г. Телескоп совершил крупные открытия в изучении сверхмассивных черных дыр, остатков взрывов сверхновых и многого другого. Открыв счет своему третьему десятилетию, «Чандра» продолжает плодотворную работу. Запланированные программы сотрудничества с новыми и существующими обсерваториями позволят еще больше расширить наши знания о Вселенной.

21.01-01.445 Центр гравитации. Биллингс Л. В мире науки. 2020, № 1-2, с. <https://sciam.ru/articles/details/czentr-gravitaczii>. Рус.

Исследования гравитационных волн с использованием трех обсерваторий преобразовывают наше понимание черных дыр,

нейтронных звезд и других астрофизических объектов. Четвертая обсерватория — это Кампококский детектор гравитационных волн (KAGRA), который должен был вступить в строй к концу 2019 г. KAGRA — первая в своем роде обсерватория, построенная под землей, для повышения чувствительности постоянно содержащаяся при чрезвычайно низких температурах и демонстрирующая новейшие технологии, имеющие решающее значение для создания нового поколения еще более совершенных детекторов гравитационных волн.

21.01-01.446 Метрологические характеристики аппаратуры для спутникового мониторинга геоэффективного ультрафиолетового излучения Солнца. *Нусинов А.А., Алексеева А.В., Заверткин П.С., Ивлюшкин Д.В., Качановский Ю.М., Кузин С.В., Минлигареев В.Т., Николенко А.Д., Паньшин Е.А., Перцов А.А. Гелиогеофизические исследования. 2020, № 26, с. 31-35. Рус.*

Представлены результаты калибровки новых полупроводниковых детекторов для мониторинга потока солнечного ультрафиолетового излучения в линии Лайман-альфа ($L\alpha$, 121.6 нм) на геостационарных космических аппаратах "Электро" Росгидромета. Калибровка проводилась на источнике синхротронного излучения релятивистских электронов на канале накопителя электронов ВЭПП4. Пучок излучения в отдельных узких участках спектра формировался с помощью метрологического комплекса "Космос" в Сибирском международном центре синхротронного излучения, релятивистских электронов Института ядерной физики СО РАН. Результаты анализа спектральных кривых чувствительности показали, что чувствительности датчиков могут сильно (на ~30%) отличаться между собой. С использованием модельных спектров ультрафиолетового излучения Солнца выполнен расчет вклада P в сигнал детектора от линии $L\alpha$ и от участка спектра выше ~122 нм. В результате анализа модельных расчетов для различных уровней активности показано, что величина P может сильно различаться для различных датчиков: P составляет 30—60% при низком уровне солнечной активности и 50—70% при высоком. Этот результат указывает на необходимость калибровки всех каналов каждого полетного прибора и учета при мониторинге космической погоды зависимости от уровня солнечной активности величины P вклада в сигнал ВУСС-Э от линии $L\alpha$. Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение Солнца, солнечные спектрофотометры, калибровка.

21.01-01.447 Дальнейший анализ трендов foF2 до 2018—2019 гг. *Данилов А.Д., Константинова А.В. Гелиогеофизические исследования. 2020, № 27, с. 46-54. Рус.*

Проведен анализ изменения критической частоты слоя F2, foF2, до 2019 (2018) г. по данным вертикального зондирования на станциях Juliusruh и Boulder. Получено подтверждение всех основных выводов, полученных в серии недавних публикаций авторов. Показано, что наиболее часто используемый индекс солнечной активности F10.7 не описывает правильно поведение солнечного ультрафиолетового излучения, определяющего поведение большей части ионосферы, в 24-м цикле SA. Корректировка этого индекса с помощью других индексов SA (интенсивность линии L γ -альфа, число солнечных пятен Rz и интенсивность линии MgII) показывает, что в период с 2002—2004 гг. по 2008—2010 гг. наблюдается хаотическое изменение foF2, а затем восстанавливается отрицательный тренд критической частоты, наблюдавшийся до этого периода. Ключевые слова: ионосфера, долговременные тренды, слой F2.

21.01-01.448 Детальный анализ поведения критической частоты слоя F2 перед магнитными бурями. 1. Сезонные вариации. *Данилов А.Д., Константинова А.В. Гелиогеофизические исследования. 2020, № 28, с. 3-12. Рус.*

На основании данных станции Juliusruh проведен анализ поведения критической частоты слоя F2, foF2, в течение трех дней, предшествующих магнитной буре. Рассмотрены 272 бури за период с 1976 по 2010 гг. и найдено 2682 события (отклонения foF2 от спокойных условий). Получено, что указанные отклонения демонстрируют хорошо выраженную и статистически значимую зависимость от сезона. Проведен детальный анализ этой зависимости для всех событий вместе и для отдельных

типов отклонений: положительных, отрицательных, полученных сравнением с разными данными для спокойных условий, а также имеющих различную амплитуду. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами по станции Slough, опубликованными авторами ранее, и позволяют считать, что найденные отклонения не являются случайными флуктуациями foF2 (Q -возмущения), но связаны с предстоящей магнитной бурей, т.е. являются ее предвестниками. Ключевые слова: геомагнитная буря, ионосферная буря, ионосферный слой F2.

21.01-01.449 Детальный анализ поведения критической частоты слоя F2 перед магнитными бурями. 2. Зависимость от времени до начала бури. *Данилов А.Д., Константинова А.В. Гелиогеофизические исследования. 2020, № 28, с. 13-21. Рус.*

Т до начала магнитной бури SO. Проведен детальный анализ этой зависимости для всех событий вместе и для отдельных типов отклонений: положительных, отрицательных, полученных сравнением с разными данными для спокойных условий, а также имеющих различную амплитуду. Полученные результаты хорошо согласуются с результатами по станции Slough, опубликованными авторами ранее, и позволяют считать, что найденные отклонения не являются случайными флуктуациями foF2, но связаны с предстоящей магнитной бурей, т.е. являются ее предвестниками. На основании данных станции Juliusruh проведен анализ поведения критической частоты слоя F2, foF2, в течение трех дней, предшествующих магнитной буре. Рассмотрены 272 бури за период с 1976 по 2010 гг. и найдено 2682 события (отклонения foF2 от спокойных условий). Получено, что указанные отклонения демонстрируют хорошо выраженную зависимость от времени. Ключевые слова: геомагнитная буря, ионосферная буря, ионосферный слой F2.

21.01-01.450 Возможная связь движения магнитного полюса и изменения солнечной активности с климатом Арктики. Часть 4. *Беликов Ю.Е., Буров В.А., Дышлевский С.В., Котомцева Н.Г., Лапшин В.В., Репин А.Ю. Гелиогеофизические исследования. 2020, № 28, с. 40-54. Рус.*

Продолжено обсуждение и обоснование гипотезы о влиянии ускоренного движения Северного магнитного полюса и уменьшения солнечной активности в последние десятилетия на прозрачность атмосферы и климат Арктики. В результате уменьшения солнечной активности возросло количество заряженных частиц в верхней тропосфере и стратосфере Арктики. Быстрое перемещение северного магнитного полюса от берегов Канады до северного географического полюса за последние примерно сорок лет привело к следующим результатам. Из-за особенностей фокусировки заряженных частиц магнитным полем основной рост концентрации заряженных частиц по мере движения магнитного полюса происходил в верхней тропосфере и стратосфере Арктики в основном над узкой, расширяющейся по мере движения полюса, «серпообразной» зоной возле арктического побережья России и над её северными территориями. Расчеты положения этой зоны на основе двух моделей магнитного поля (Ts89 и Shea) показывают, что она находится над областью усиленного таяния ледового покрытия. При этом модель Shea дает гораздо более точное совпадение проекции указанной зоны на поверхность Арктики с областью усиленного таяния ледового покрытия. Заряженные частицы, образованные космическими лучами, увеличивают количество мелких частиц в составе облаков среднего и верхнего уровней в Арктике. Увеличение мелкодисперсной фракции частиц облаков среднего и верхнего уровней изменяет их индикатрису рассеяния. При этом увеличивается перенос излучения к поверхности в условиях присутствия нижней облачности, наблюдаемой значительную часть времени в Арктике, а также, что еще более важно, это может приводить к нагреванию и разрушению нижележащей тропосферной облачности. Исчезновение нижней облачности может в десятки и сотни раз увеличить поступление солнечного излучения к поверхности Арктики. Инициатором таких событий являются метеорологические условия, способствующие появлению средней и верхней облачности, и они не обязательно коррелируют с солнечной активностью. Однако количество мелких кластеров на основе заряженных частиц, образуемых космическими лучами, непосредственно связано с количеством солнечной энергии,

которая поступит к поверхности Арктики в результате рассматриваемых процессов. Таким образом, солнечная активность и движение Северного магнитного полюса оказывают влияние на климатические изменения Арктики и возможно, всей нашей планеты. Ключевые слова: Арктика, климат, движение магнитного полюса, галактическое космическое излучение, мелкая фракция частиц облаков, перенос излучения, разрушение нижних облаков.

21.01-01.451 О возможности использования солнечных фотометров для формирования солнечно-радиационных метеопрогнозов. *Маммадова У.Ф. Гелиогеофизические исследования*. 2020, № 28, с. 55-60. Рус.

Рассмотрена возможность использования солнечных фотометров для формирования солнечно-радиационных метеопрогнозов. Отмечается особенность известных статистических моделей определения количества солнечных дней и часов в течение года, заключающаяся в необходимости наличия достаточно точных методов и средств определения внеатмосферной солнечной радиации. Отмечено, что использование для этой цели метода диаграмм Ленгли приводит к аэрозольной погрешности, т.к. для построения этих диаграмм требуется проведение солнечно-фотометрических измерений в течение нескольких часов. Для устранения указанного недостатка предлагается метод, где путем введения корректирующих коэффициентов удается исключить такое влияние и определить внеатмосферную солнечную радиацию на трех длинах волн при трех значениях оптической воздушной массы. Ключевые слова: трехволновые измерения, солнечные фотометры, аэрозоль, внеатмосферная солнечная радиация, статистические модели.

21.01-01.452 Вклад в скрытую массу нейтронных звезд, рожденных сверхгигантами в яркой фазе молодых исследований. *Поройков С.Ю. Журнал естественнонаучных исследований*. 2020, 5, № 1, с. 36-65. Рус.

Число нейтронных звезд оценено исходя из энерговыделения рождающих их сверхгигантов в процессе синтеза тяжелых элементов из первичного водорода. УФ излучение голубых сверхгигантов, ионизовавшее водород в эпохи $z_1 \sim 49$; $z_2 \sim 17$, переизлученное межзвездной пылью на длине волны излучения галактик с активными ядрами ~ 50 мкм, и их ИК излучение на стадии красных сверхгигантов на длине волны $\sim 1,3$ мкм накладывается на спектры субмиллиметрового и микроволнового фонового излучения. Это позволяет оценить долю нейтронных звезд в массе Вселенной $\sim 0,4 \pm 0,03$. Взрывы сверхновых могут ускорять соседние пульсары выше скорости 1100 км/с, как у PSR J0002+6216 и PSR B1509-58, до ≤ 1600 км/с, выбрасывая их из галактик. При массовой доле корон галактик $\sim 0,3$ и коронального газа $\sim 0,15$ массовая доля нейтронных звезд в коронах галактик $\sim 0,15$; в войдах $\sim 0,25 \pm 0,03$. Ключевые слова: сверхгиганты, сверхновые, пульсары, нейтронные звезды, скрытая масса.

21.01-01.453 Характеристики межгалактической среды в войдах и филаментах. *Поройков С.Ю. Журнал естественнонаучных исследований*. 2020, 5, № 2, с. 32-50. Рус.

Оценена температура ионизованного межгалактического газа в войдах ≤ 100 К и плотность его энергии $\leq 10^{-8}$ эВ/см³ исходя из величины удерживающего его магнитного поля в войдах $\leq 0,65$ нГс, а также динамики охлаждения газа с учетом излучения и расширения войдов с момента их формирования, соответствующего с эпохой его рекомбинации при $z=6$. Показано, что в войдах присутствуют космические лучи, вытекающие из современных галактик с активными ядрами с плотностью энергии $< 0,03$ эВ/см³, а также космические лучи от пульсаров, рожденных сверхгигантами, которые полностью ионизовали водород в эпоху $z=17$ с плотностью энергии $\sim 0,1$ эВ/см³. Магнитное поле в узлах джетов, выбрасываемых из активных ядер галактик 200–400 мкГс, может удерживать плазму джетов. При этом ионизирующего излучения джетов с усредненной по всему пространству Вселенной плотностью энергии $\sim 2 \cdot 10^{-5}$ эВ/см³ достаточно для ионизации всего газа в войдах концентрацией $\sim 10^{-6}$ см⁻³. Ключевые слова: войды, межгалактический газ, космические лучи, фоновое космическое излучение.

21.01-01.454 Расширение наблюдаемой Вселенной

в условиях давления метагалактических космических лучей в войдах, рассеиваемых магнитным полем корон галактик в филаментах. *Поройков С.Ю. Журнал естественнонаучных исследований*. 2020, 5, № 3, с. 29-58. Рус.

Наблюдаемая расширяющаяся квазиевклидова Вселенная представима как часть псевдориманова континуума — эволюционирующего во времени риманова пространства большего объема. В замкнутом на себя сферическом римановом пространстве без границ материя распределена однородно, так что гравитация различных областей взаимно компенсируется. В малом масштабе оно сводимо к плоскому евклидову пространству с однородным распределением материи. Подобная Вселенная может расширяться за счет расширения областей неоднородности материи. Крупномасштабную ячеистую структуру Вселенной формируют области неоднородности, чью гравитацию в масштабе войдов уравновешивает давление на короны галактик в филаментах межгалактической среды с плотностью энергии $\sim 0,1$ эВ/см³. У метагалактических космических лучей в войдах, рассеиваемых магнитным полем корон галактик, плотность энергии сравнима $\sim 0,1$ эВ/см³. Ключевые слова: риманово пространство, космологический Λ член, крупномасштабная структура Вселенной.

21.01-01.455 Генезис спектра космического микроволнового фона. *Поройков С.Ю. Журнал естественнонаучных исследований*. 2020, 5, № 4, с. 71-96. Рус.

Показано, что из-за рассеяния света в молекулярных полосах поглощения первичного газа космический микроволновой фон (МФИ) с максимумом в области ~ 1 мм мог формироваться не в эпоху рекомбинации, а в эпоху вторичного разогрева газа, произошедшего при формировании галактик, на длине волны излучения галактик с активными ядрами ~ 60 мкм. Определена природа излучений, исказивших чернотельный спектр МФИ на длинах волн 8 мм и 7 см. На этой основе оценена критическая плотность Вселенной $\rho_c \sim 9 \cdot 10^{30}$ г/см³, постоянная Хаббла $H_0 \sim 70$ км/с/Мпк, массовая доля нейтронных звезд $\Omega_n \sim 0,08$ и черных дыр $\Omega_h \sim 0,02$; темных карликов в шаровых скоплениях и ультрадиффузных карликовых галактиках, обращающихся в филаментах $\Omega_{df} \sim 0,03$ и их окрестностях $\Omega_{dv} \sim 0,63$. Ключевые слова: фоновое космическое излучение, сверхгиганты, пульсары.

21.01-01.456 Об оценивании масс астероидов. *Васильев М.В., Красинский Г.А., Питьева Е.В., Ягудина Э.И. Сообщения ИПА РАН*. 2001, № 139, с. 6-42. Рус.

Выполнено сравнение масс астероидов, полученных динамическими методами (в основном, из взаимных возмущений пар астероидов при тесных сближениях) с оценками, выведенными астрофизическими методами. Показано, что астероиды с массами $> 10^{-12}$ масс Солнца M_\odot влияют на орбиту Марса на уровне точности радарных измерений марсианских посадочных аппаратов (ПА) Viking-1,2 и Pathfinder. По-видимому, динамические и астрофизические методы оценивания масс астероидов дополняют друг друга: первые дают хорошие результаты для нескольких наиболее массивных астероидов, но на требуемом уровне точности оценки оказываются ненадежными для большого числа малых астероидов, в то время как астрофизические методы позволяют реально оценить массы около 2000 астероидов, но не могут быть применимы для самых больших из них. Предпринята попытка расширить список 300 астероидов, возмущения которых учитывались при построении эфемерид DE403/405. Тесты, в которых варьировалось общее число возмущающих астероидов (до 351), продемонстрировали влияние дополнительных астероидов на эфемериды больших планет, создаваемые в ИПА РАН совместным численным интегрированием уравнений движения планет и астероидов. Показано, что астрофизические массы некоторых из дополнительных астероидов слишком велики, и их включение в динамическую модель значительно ухудшает представление наблюдений марсианских ПА. Суммарный возмущающий эффект остальных астероидов учитывался использованием модели кольца, расположенного в эклиптикальной плоскости, с равномерным распределением в нем вещества. Масса M кольца и его радиус R были включены в число улучшаемых параметров. Получена оценка $M \approx 518 \cdot 10^{-12} M_\odot$ (без 300 крупнейших астероидов) с неопределенностью 10%; как следствие, для общей мас-

сы астероидов главного пояса получено $M_{belt} \approx 1800 \cdot 10^{-12} M_{\odot}$. Для среднего радиуса кольца выведена оценка $R \approx 2.80$ AU с неопределенностью 3%. По выведенным массам 300 крупнейших астероидов найдены оценки двух параметров теоретического распределения астероидов (основанного на теории фрагментации) в предположении, что в этом наборе отсутствует эффект наблюдательной селекции. Данное распределение экстраполировано на астероиды с малыми массами и получена оценка $M_{belt} \approx 1700 \cdot 10^{-12} M_{\odot}$ для общей массы пояса астероидов, хорошо согласующаяся с динамической оценкой, приведенной выше. Эти результаты позволили вывести выражение для оценки общего числа малых планет в любом единичном интервале абсолютных звездных величин H . Сравнение с наблюдаемым распределением показывает, что в настоящее время порядка 10% астероидов с $H < 14$ уже открыто (согласно выведенному распределению таких астероидов должно существовать около 100000). В дополнении дается список выведенных масс для 357 астероидов, протестированных в процессе улучшения радарных наблюдений ПА.

21.01-01.457 Вариации радиуса Солнца из прохождений Меркурия по диску Солнца. Свейшиков М.Л. *Сообщения ИПА РАН.* 2001, № 140, с. 4-36. Рус.

Представлены результаты анализа моментов внутренних контактов прохождений Меркурия по диску Солнца 1631–1973 гг. Обнаружено присутствие 80- и 11-летних циклов в вариациях радиуса. Амплитуда 80-летнего цикла составляет 0.24 ± 0.05 ". Амплитуда 11-летнего цикла равна 0.08 ± 0.02 ", причем существует положительная корреляция между вариациями радиуса Солнца и числом солнечных пятен. Указано на противоречие с результатами Laclare для знака корреляции. Найденное вековое уменьшение радиуса Солнца, равное -0.06 ± 0.03 ", связывается с систематическими ошибками наблюдений. Обсуждены возможные источники ошибок.

21.01-01.458 Исследование двойного астероида 1996 FG3. Железнов Н.В. *Сообщения ИПА РАН.* 2002, № 147, <http://iaaras.ru/library/paper/1228/>. Рус.

двойной астероид, 1996 FG3, взаимные явления, эллипсоиды, кривая блеска, аппроксимация. Путем аппроксимации реальных кривых блеска модельными были определены орбитальные параметры системы и физические характеристики компонентов двойного астероида 1996 FG3. Компоненты аппроксимируются трехосными эллипсоидами. Сделан вывод об ограниченности возможностей модели двойного астероида с неподвижной орбитой спутника. Также проведено исследование поступательно-вращательного движения компонентов двойного астероида 1996 FG3 с целью изучения устойчивости данной системы и особенностей колебаний орбитальной плоскости спутника.

21.01-01.459 Размеры и период вращения родительского ядра кометы Шумейкеров—Леви 9 из наблюдений его отдельных фрагментов. Замарашкина М.Д. *Сообщения ИПА РАН.* 2003, № 152, с. 4-28. Рус.

Рассмотрена орбитальная динамика кометы Шумейкеров—Леви 9. При различных предположениях о моментах распада по позиционным наблюдениям отдельных фрагментов кометы с учетом наблюдаемых моментов их падений на Юпитер определены размеры ядра до его дезинтеграции. Сделана оценка периода вращения кометного ядра вокруг оси, перпендикулярной к плоскости орбиты кометы. Выявлены особенности в динамике фрагментов, которые подтверждают сценарий поэтапного распада ядра. Проведенное исследование позволяет предположить, что фрагментация ядра началась примерно за час до прохождения кометой перигелия, а диаметр родительского ядра был равен 4 км.

21.01-01.460 Эволюция орбиты кометы ШЛ9 до момента открытия. Замарашкина М.Д. *Сообщения ИПА РАН.* 2003, № 154, с. 4-28. Рус.

На основе статистического исследования сделан вывод о наиболее вероятном происхождении кометы Шумейкеров—Леви 9 (ШЛ9) как долговременного спутника Юпитера. Рассмотрена гипотеза о возможной генетической связи кометы ШЛ9 с кометами Отерма и Герелс 3. Получены данные, выявляющие возможную генетическую связь кометы ШЛ9 со скоплением асте-

роидов "Греки". На основе численной теории движения кометы проанализирована возможность эпиковского захвата. Сделан анализ значимости различных возмущений в движении кометы, находящейся в окрестности Юпитера, с целью построения более точной ее орбиты.

21.01-01.461 История РСДБ — становление и развитие. Матвеевко Л.И. *Сообщения ИПА РАН.* 2007, № 176, с. 5-35. Рус.

Посвящено истории разработки и становления метода радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ) в СССР. Первый радиоинтерферометр (с короткой базой) был создан в СССР для целей космической навигации в конце 1950-х гг. Идея радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами была выдвинута впервые в мире Л.И. Матвеевко, Н.С. Кардашевым и Г.Б. Шоломицким в 1962 г. Основными вехами практического развития РСДБ в нашей стране автор считает первые эксперименты по радиоинтерферометрии с межконтинентальной базой (Симеиз, КраО-Хайстек, США) в 1969 г.; подготовку под руководством В.П. Мишина, Л.И. Матвеевко, В.И. Костенко проекта космического радиоинтерферометра (1982 г.); образование в 1985 г. по проекту ВЕГА РСДБ-сети из двух 70-метровых радиотелескопов (Уссурийск, Евпатория), 64-метровой антенны (Медвежьи Озера), 25-метровой антенны (Улан-Удэ), двух 22-метровых радиотелескопов (Симеиз, Пушино); создание специализированного РСДБ-комплекса "Квазар-КВО". Показаны возможности метода РСДБ для решения астрофизических и прикладных задач. Статья представляет собой текст доклада, прочитанный автором на конференции "РСДБ — 2012 для астрономии, геодинамики и астрофизики".

21.01-01.462 Изменение движения кометы Темпель 1 вследствие столкновения с ударником космической миссии Deep Impact. Бондаренко Ю.С. *Сообщения ИПА РАН.* 2010, № 184, с. 4-23. Рус.

Исследуется динамика кометы Темпель 1 до и после ее столкновения с ударником космической миссии Deep Impact. В сообщении приводится исторический обзор наблюдений и исследований движения кометы Темпель 1, дается описание космической миссии Deep Impact, а также полученных в ходе ее проведения результатов. По наблюдениям 1967–2020 гг. вычислены три варианта орбиты кометы Темпель 1 с различными наборами параметров. В первом варианте орбиты предполагалось, что на рассматриваемом интервале негравитационные параметры A1, A2 и A3 модели Марсдена не изменялись. Второй вариант решения предполагал, что столкновение с ударником могло привести к изменению величины негравитационного ускорения, т.е. определялось два набора негравитационных параметров до и после столкновения. В третьем варианте предполагалось, что столкновение кометы с ударником привело к мгновенному изменению ее скорости. Используя результаты космической миссии Deep Impact, производится оценка возмущения, оказанного на движение кометы Темпель 1 в результате столкновения.

21.01-01.463 Определение масс 108 астероидов. Кузнецов В.В. *Сообщения ИПА РАН.* 2001, № 138, с. 4-27. Рус.

Проведено совместное определение масс 28 астероидов с диаметрами более 200 км. Решение получено на основе анализа движения 74 возмущаемых астероидов по 49983 наблюдениям. Система нормальных уравнений для 472 параметров (28 поправок к массам и 444 поправок к орбитальным элементам астероидов) была решена методом наименьших квадратов. Полученная система параметров позволила представить наблюдения со средней ошибкой единицы веса одного наблюдения 0.58 угл. с. Принимая во внимание возмущения от этих 28 астероидов, определены массы 80 астероидов меньшего размера.

21.01-01.464 Динамика иерархических систем небесных тел в постньютоновском приближении. Вочнов А.В. *Сообщения ИПА РАН.* 1988, № 1, <http://iaaras.ru/library/paper/1088/>. Рус.

На основе современных методов мультипольных разложений и асимптотических сшивок общей теории относительности разработана многоцелевая методика исследования различных иерархических систем небесных тел в постньютоновском приближении. Иерархия гармонических неврашающихся "почти инерциальных" систем координат, построение которой являет-

ся характерной чертой данной методики, отражает иерархичность рассматриваемой системы тел и приводит к адекватному релятивистскому обобщению классических координат Якоби. С помощью этой методики выведены: функция Лагранжа для релятивистских уравнений движения системы тел, движущейся в произвольном внешнем (фоновом) гравитационном поле; явные тригонометрические разложения для функций обобщенного преобразования Лоренца, связывающего гармонические барицентрические координаты Солнечной системы с локальными гармоническими координатами системы Земля-Луна; аналитические разложения для релятивистских солнечно-земных возмущений в движении Луны в терминах косвенно измеряемых величин; релятивистские уравнения движения спутников Земли (как в координатной форме, так и в лагранжевой).

21.01-01.465 Распространение света в барицентрической системе координат с учетом движения масс. *Клионер С.А.* *Сообщения ИПА РАН.* 1989, № 6, <http://iaaras.ru/library/paper/1093/>. Рус.

Выведено дифференциальное уравнение движения фотона в барицентрической системе координат при условии, что во время распространения света гравитирующие массы движутся прямолинейно и равномерно. Для этого уравнения решены задача Коши и граничная задача. Получены основные формулы для релятивистской редукции оптических и радиолокационных измерений, учитывающие эффекты порядка c^{-3} по отношению к главным ньютоновским членам.

21.01-01.466 Влияние квадрупольного поля тел и их вращения на распространение света в барицентрической системе координат. *Клионер С.А.* *Сообщения ИПА РАН.* 1989, № 12, <http://iaaras.ru/library/paper/1098/>. Рус.

Выведены и решены дифференциальные уравнения, описывающие релятивистские поправки в распространении света в барицентрической системе координат, индуцированные квадрупольным полем тел и их вращением. Исследовано влияние сжатия тела и его спина на угол полного отклонения света и на время распространения электромагнитного излучения между двумя фиксированными точками. Рассмотрено воздействие тех же двух факторов на нулевые геодезические, испущенные с поверхности тела в радиальном направлении.

21.01-01.467 Определение положений Марса по наблюдениям Фобоса и Деймоса в оппозицию 1988 года. *Елисеева Н.Г.* *Сообщения ИПА РАН.* 1990, № 18, <http://iaaras.ru/library/paper/1105/>. Рус.

Описан опыт реализации методики определения поправок к эфемеридному положению планеты по наблюдениям спутника относительно звезд на примере наблюдения спутников Марса в оппозицию 1988 г. Приведены поправки к эфемеридному положению Марса, а также результаты улучшения элементов орбит Фобоса и Деймоса. Обнаружены значительные систематические вариации поправок к эфемеридному положению Марса по наблюдениям Фобоса и Деймоса, выполненным в Майданаке. Высказаны предположения об источнике этих систематических ошибок.

21.01-01.468 Квазипериодические структуры в популяциях галактик. *Литвин В.Ф., Гольцман Ф.М., Смирнов А.В., Тайбин Б.З., Орлов В.В., Полякова Г.Д., Барышников В.Н.* *Сообщения ИПА РАН.* 1990, № 19, <http://iaaras.ru/library/paper/1106/>. Рус.

Проведен поиск и оценка статистической значимости квазипериодических структур: в распределениях двойных галактик по разности их звездных величин; на функции светимости галактик богатых скоплений; на суммарной функции масс галактик сверхскоплений по данным радионаблюдений на $\lambda=21$ см. Выявлены статистически значимые квазипериодические структуры. Периоды этих структур согласуются между собой, на основании чего высказано предположение о том, что эффект квазипериодических структур на уровне галактик носит универсальный характер. В двух случаях обнаружено удвоение частот квазипериодических структур.

21.01-01.469 Микросекундная космическая астрометрия: релятивистские эффекты и редукция наблюдений. *Клионер С.А., Копейкин С.М.* *Сообщения ИПА*

РАН. 1990, № 23, <http://iaaras.ru/library/paper/1110/>. Рус.

Описаны теоретические методы построения астрономических координатных систем: барицентрической, геоцентрической и спутниковой (наблюдателя). Установлены релятивистские формулы преобразования между используемыми системами координат. Выведены уравнения геометрической оптики в нестационарном гравитационном поле Солнечной системы и разработаны способы их аналитического решения с применением методов асимптотических спивок и аппроксимации функций.

21.01-01.470 Экспериментальная проверка релятивистских эффектов, оценка величины изменения гравитационной постоянной и топография поверхности Меркурия из радиолокационных наблюдений 1964—1989. *Путьева Е.В.* *Сообщения ИПА РАН.* 1992, № 39, <http://iaaras.ru/library/paper/1125/>. Рус.

Описываются результаты переработки радиолокационных наблюдений внутренних планет за 1964—1989 гг.

21.01-01.471 Задача двух тел в эллиптических функциях. *Two-body problem in elliptic functions.* *Brumberg E.V.* *Сообщения ИПА РАН.* 1992, № 47, <http://iaaras.ru/library/paper/1133/>. Англ.

Решение задачи двух тел в эллиптическом движении представлено в терминах эллиптических функций Якоби. Модуль эллиптических функций равен эксцентриситету орбиты. Амплитуда аргумента эллиптических функций равна эксцентриситетской аномалии, увеличенной на $1/2$. Зависимость аргумента от времени определяется обобщенным уравнением Кеплера. Это уравнение может быть решено аналитически с использованием, например, теоремы о неявных функциях Лагранжа. Даже для больших эксцентриситетов параметр Якоби эллиптических функций остается достаточно малым, позволяя компактное представление и быстрое вычисление соответствующих функций. Использование тригонометрических разложений эллиптических функций дает аналитическое решение задачи двух тел в форме тригонометрических рядов, кратных средней аномалии с рациональными коэффициентами при параметре.

21.01-01.472 База данных внегалактических радиосточников, пригодных для наблюдений средствами РСДБ. *Пятунина Т.Б., Грачев В.Г., Кривошеев К.В., Кудина Т.Л., Мушачева И.Э.* *Сообщения ИПА РАН.* 1994, № 57, <http://iaaras.ru/library/paper/1144/>. Рус.

Представлена база данных, содержащая данные о координатах, потоках и структурах внегалактических радиосточников, которые наблюдались или могут наблюдаться средствами радиointерферометрии со сверхдлинными базами. Приводится описание прикладных программ, которые обеспечивают быстрое и удобное для неподготовленного пользователя выполнение наиболее типовых запросов. База призвана обеспечить планирование, подготовку и обеспечение наблюдений на пунктах радиointерферометрической сети "Квазар" и представляет собой фрагмент программного обеспечения этого комплекса.

21.01-01.473 Использование радарных данных космических аппаратов и радиолокационных наблюдений для уточнения элементов планет и параметров вращения Марса. *Путьева Е.В.* *Сообщения ИПА РАН.* 1995, № 80, <http://iaaras.ru/library/paper/1165/>. Рус.

Представлены результаты первой стадии исследования, в котором данные КА Viking-1, 2 и Mariner-9 обрабатывались одновременно с радиолокационными наблюдениями времен запыливания Марса, полученными на обсерваториях Goldstone, Haystack и Arecibo в 1971—1973 гг.

21.01-01.474 Радиокарты 39 компактных внегалактических радиосточников по геодезическим данным РСДБ. *Radio maps of 39 compact extragalactic radio sources from geodetic VLBI data.* *Vajkova A.T., Pyatunina T.B., Finkelstein A.M.* *Сообщения ИПА РАН.* 1996, № 87, <http://iaaras.ru/library/paper/1172/>. Англ.

Приводятся карты (изображения) на частоте 8.2 ГГц 39 компактных внегалактических радиосточников по наблюдениям, выполненным в рамках международных геодезических РСДБ-программ в период с мая 1993 г. по март 1996 г. на глобальной и Европейской сетях. У ряда источников обнаружены неизвест-

ные ранее структурные детали на масштабах менее 1 мс дуги. Дается сравнительный анализ полученных карт с известными из литературы. Рассматривается возможность применения для картографирования пакета программ ИПА РАН "IMAGE" содержащего ряд новых процедур восстановления изображений.

21.01-01.475 Использование оптических и радарных наблюдений астероидов, сближающихся с Землей, для определения поправок нуль-пункта фундаментального каталога FK5. *Ягудина Е.И. Сообщения ИПА РАН. 1996, № 91, <http://iaaras.ru/library/paper/1176/>. Рус.*

Выполнено определение поправок нуль-пункта фундаментального каталога FK5 из комбинации оптических и радарных наблюдений восьми астероидов, сближающихся с Землей.

21.01-01.476 Определение положений космических объектов при наблюдениях с подвижного измерителя на фоне звездного неба. *Койнаш Б.В., Половников В.И., Скutnikий В.М. Сообщения ИПА РАН. 1999, № 129, <http://iaaras.ru/library/paper/1210/>. Рус.*

Последовательно определены и решены задачи привязки подвижных космических объектов к звездному небу, включающие в себя: задачу селекции звезд среди всех точечных излучателей света; задачу селекции каталожных звезд среди всех звезд, зафиксированных в отдельном кадре измерений; задачу определения подвижных космических объектов во второй экваториальной системе координат. Все задачи доведены до точных алгоритмов, позволяющих составить программы вычислений параметров движения подвижных космических объектов на ЭВМ.

21.01-01.477 Метод учета взаимных покрытий и затмений в системе двойного астероида при решении фотометрических задач. *Железнов Н.В. Сообщения ИПА РАН. 1999, № 131, с. 4-47. Рус.*

Для решения фотометрических задач разработан метод учета взаимных покрытий и затмений компонентами двойного астероида путем разбиения поверхности тел на элементарные площадки и суммирования создаваемых ими освещенностей. Компоненты аппроксимируются трехосными эллипсоидами. Получена модельная кривая блеска гипотетического двойного астероида. Осуществлено тестирование данного метода на примере системы Плутон—Харон. Проведено исследование кривой блеска и изменения положения фотоцентра астероида AW.

21.01-01.478 Каталог сближений между астероидами. *Кузнецов В.В. Сообщения ИПА РАН. 2000, № 136, с. 4-47. Рус.*

Численно проинтегрированы орбиты 10448 нумерованных астероидов на периоде в 110 лет. Более чем из 10000 сближений для 747 астероидов отобраны 1530, позволяющие определить массы 30 наиболее крупных астероидов. Данные о сближениях представлены в виде таблиц для каждого большого астероида в отдельности.

21.01-01.479 Двухдвигательное управление угломестной осью двухпертурного прецизионного телескопа. *Дроздов В.Н., Заверски К., Плотичин А.А. Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015, 15, № 2, с. 253-259. Рус.*

Предмет исследования. Рассматривается система управления четырехмассовым объектом (двухпертурным телескопом) с двухдвигательным управлением. Метод. Для упрощения системы управления используется возможность редуцирования модели объекта до третьего порядка. Выполняется синтез алгоритма контроллера по редуцированной модели, исследуются свойства системы, состоящей из четырехмассового объекта с двухдвигательным приводом и полученным регулятором. Синтез управления выполнен на основании модифицированного оптимального управления с гарантированной степенью устойчивости. Реализация закона управления осуществляется с применением наблюдателя пониженной размерности ввиду возможности измерения лишь одного параметра объекта управления — скорости одной из масс. Устойчивость системы проверяется путем изменения параметров объекта управления в 10%-ном диапазоне. Основные результаты. В случае использования однодвигательного привода возможно построение регулятора толь-

ко на основе модели медленных движений объекта. Быстродействие регулятора в таком случае ограничено наименьшей резонансной частотой объекта управления. Численное моделирование показало, что время переходного процесса системы с однодвигательным приводом в несколько раз больше, чем в системе с двухдвигательным приводом. Свойства робастности сохраняются как для однодвигательного, так и для двухдвигательного приводов. Для многомассовых объектов двухдвигательное управление обеспечивает более высокие показатели качества системы.

21.01-01.480 Теоретические радианты и скорости метеорных потоков, связанных с астероидами, сближающимися с Землей, открытыми в 2005—2008 гг. *Бабаджанов П.Б., Кожирова Г.И., Обрубов Ю.В. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2014, № 1, с. 52-69. Рус.*

В базе данных орбит астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), "Near-Earth Objects Dynamic Site" по состоянию на 1 января 2009 г зарегистрированы орбиты 1456 АСЗ, открытых в наблюдениях за период 01.01.2005—01.01.2009 гг. Согласно постоянной Тиссерана, являющейся одним из динамических критериев разделения орбит объектов на кометные и астероидные, а также с учетом условия пересечения орбит АСЗ и Земли, выявлено, что 137 АСЗ двигаются по кометным орбитам. Исследование эволюции орбит данных АСЗ под действием планетных возмущений показало, что за один цикл изменения аргумента перигелия орбит 115 астероидов являются четырехкратными, 14-восьмикратными и 8-двукратными пересекателями орбиты Земли. Следовательно, если эти АСЗ в действительности являются ядрами угасших комет, то, согласно теории образования и эволюции метеороидных роев, каждый из них может быть родительским телом метеороидного роя, порождающего два, четыре или восемь метеорных потоков. В статье представлены результаты вычисления теоретических геоцентрических радиантов, скоростей и дат максимальной активности 588 метеорных потоков возможно связанных со 137 АСЗ. Показано, что 110 астероидов из 137 имеют наблюдаемые метеорные потоки, а следовательно являются ядрами угасших комет. Так как родительские тела являются членами своих метеороидных роев, то теоретические радианты метеорных потоков определяют направления, скорости и даты возможных столкновений этих тел с Землей.

21.01-01.481 Фотометрия астероида (00533) Sara. *Абдуллоев С.Х., Минихулов Н.Х. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2015, № 1, с. 67-71. Рус.*

Ключевые слова: астероид; фотометрия; кривая блеска; период вращения.

21.01-01.482 Результаты астрометрии суперболида 23 июля 2008 г. *Кожирова Г.И., Литвичов С.П., Хамроев У.Х., Ахметзянов М.Р. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2015, № 4, с. 32-46. Рус.*

Выполнена астрометрическая обработка двух снимков суперболида, полученных в Гиссарской астрономической обсерватории и Хульбуке 23 июля 2008 г. Представлены результаты определения атмосферной траектории и координат видимого радианта суперболида. Координаты конечной точки видимого пути суперболида соответствуют району, находящемуся вблизи г. Турсунзаде.

21.01-01.483 Некоторые закономерности образования аномального хвоста комет. *Ибадинов Х.И., Сафаров А.Г. Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2015, № 4, с. 47-56. Рус.*

Систематизированы наблюдательные данные об аномальном хвосте комет в виде каталога. Изучены закономерности образования аномального хвоста комет. Выявлена связь появления аномального хвоста от гелиоцентрического r и геоцентрического q расстояний кометы, от расстояния перигелия орбиты q , от

наклона плоскости орбиты кометы к плоскости эклиптики i и от $(r-q)$. Изучена зависимость длины аномального хвоста S от абсолютной звёздной величины H и от расстояния перигелия кометы q .

21.01-01.484 Новый «Первый свет» телескопа Цейсс-1000 международной астрономической обсерватории Санглох. *Кожирова Г.И., Рахими Ф., Крючков С.В., Николенко И.В., Мулло-Абдолов А.Ш., Хамроев У.Х., Абдуллоев С.Х.* *Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук.* 2016, № 1, с. 59-69. Рус.

Телескоп Цейсс-1000 Международной астрономической обсерватории Санглох (МАОС) Института астрофизики АН РТ находился в нерабочем состоянии более 25 лет. Учитывая большое значение функционирования телескопа для дальнейшего развития астрономических исследований в Таджикистане, а также превосходный астроклимат МАОСа и имеющуюся инфраструктуру, в марте 2015 г. начаты работы по восстановлению и модернизации телескопа. В результате, в апреле-мае 2016 г. получен новый «Первый свет» телескопа Цейсс-1000 МАОСа, т.е. получены цифровые изображения космических объектов.

21.01-01.485 Неоднозначные изменения показателей цвета цефеиды V383 Суг с ослаблением блеска. *Давлатзода Д., Абдуллоев С.Х., Миникулов Н.Х.* *Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук.* 2016, № 1, с. 70-75. Рус.

Проанализированы результаты фотометрических BVRI наблюдений цефеиды V383 Суг, построена её кривая блеска, исследован характер изменения цвета с ослаблением блеска на двухцветных диаграммах V-(B-V), V-(V-R), V-(V-I) и V-(R-I). Показано, что звезда V383 Суг демонстрирует неоднозначные изменения показателей цвета с ослаблением блеска, что в основном свойственно молодым звёздам с алголеподобными ослаблениями блеска.

21.01-01.486 Потенциально опасный астероид 2004VL86 во время сближения с Землей 27 января 2015 г. *Кожирова Г.И., Абдуллоев С.Х., Хамроев У.Х.* *Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук.* 2017, № 2, с. 55-61. Рус.

Приведены результаты наблюдений астероида (357439) 2004VL86, отнесенного к группе потенциально опасных объектов, в период его сближения с Землей. Получены координаты астероида, построена кривая блеска объекта и уточнен период его вращения.

21.01-01.487 Алгоритм оценки ориентации космического аппарата «СПЕКТР-УФ» для режима прецизионного наведения оси телескопа. *Ивонин А.Н., Камалдинова Р.А., Моргунова С.Н., Соколов В.Н., Соловьев И.В., Шатский М.А.* *Авиакосмическое приборостроение.* 2020, 24, № 12, с. 13-25. Рус.

Представлен алгоритм оценки ориентации космического аппарата «СПЕКТР-УФ», предназначенный для информационного обеспечения бортового комплекса управления (БКУ) в режиме прецизионной ориентации. В этом режиме БКУ должен обеспечивать наведение космического телескопа Т-170М на исследуемый объект и его постоянную трехосную ориентацию относительно инерциального пространства. При этом стабилизационное отклонение оси визирования космического телескопа от заданного направления не должно превышать $\pm 0,1''$ (3σ), угловая скорость стабилизации не должна превышать $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ °/с.

21.01-01.488 Использование параллактической системы координат при навигационных измерениях. *Гузевич С.Н.* *Авиакосмическое приборостроение.* 2020, 24, № 12, с. 35-45. Рус.

Статья является развитием использования параллактической системы координат в локации. Описание локации в параллактической системе обеспечило ее линейное описание, достоверность измерений и повышение разрешающей способности. По-

казано, что параллактическая система координат построена по постулатам и аксиомам Евклида, которые в настоящее время используются только частично. Рассмотрено использование постулат Евклида для целей привязки положения источника поля относительно центра координат Земли. Показаны геометрические и физические аспекты этого описания, которых не имеется в научной литературе. Их использование обеспечивает достоверность, управление разрешающей способностью и является основанием для использования параллактической системы координат, как теоретической основы навигационных измерений и необходимости изучения постулат Евклида в школе.

21.01-01.489 Асимметрия в появлении лидирующей и последующей полярностей в фотосферном магнитном поле на ранней стадии образования активной области. *Григорьев В.М., Ермакова Л.В., Хлыстова А.И.* *Солнечно-земная физика.* 2020, 6, № 4, с. 3-9. Рус.

Эволюция магнитного поля в фотосфере на ранней стадии развития активной области изучалась по данным о продольной компоненте магнитного поля и лучевых скоростях, полученным с помощью SOHO/MDI и SDO/HMI. Визуальная инспекция 48 случаев возникновения активных областей и детальный анализ динамики потоков магнитного поля четырех активных областей показали, что в момент выхода нового магнитного поля первым в фотосфере обнаруживается поле последующей полярности. Асимметрия потоков лидирующей и последующей полярностей сохраняется несколько десятков минут. Наблюдаемая асимметрия магнитных потоков подтверждает результаты численного моделирования выхода магнитного поля активной области в верхних слоях конвективной зоны, выполненного Ремпелем и Ченгом [Rempel M., Cheung M.C.M. Numerical simulations of active region scale flux emergence from spot formation to decay // *Astrophys J.* 2014, V. 785, P. 90-109. DOI: 10.1088/0004-637X/785/2/90]. Ключевые слова: магнитное поле, активные области.

21.01-01.490 Пространственные и временные вариации формы контуров линии К Са II в различных структурных образованиях солнечной хромосферы. II. Методика определения и корреляционные соотношения между параметрами линии для участков K1 и K2. *Турова И.П., Григорьева С.А., Ожогина О.А.* *Солнечно-земная физика.* 2020, 6, № 4, с. 10-17. Рус.

Исследовались две области в атмосфере Солнца, находящиеся в основании корональной дыры. Вычислен ряд параметров линии К Са II для минимумов интенсивности K_1 и пиков K_2 , которые образуются на высотах между верхней фотосферой и нижней хромосферой, и в нижней хромосфере соответственно. Уточнена методика определения сдвигов контура $\Delta\lambda_{K1v}$ и $\Delta\lambda_{K1r}$, $\Delta\lambda_{K2v}$ и $\Delta\lambda_{K2r}$, включая случаи, когда их прямое нахождение затруднено. Вычислены интенсивности IK_{1v} , IK_{1r} , IK_{2v} , IK_{2r} , разделения минимумов K_1 и пиков K_2 : $SEP_{K1} = \Delta\lambda_{K1r} - \Delta\lambda_{K1v}$, $SEP_{K2} = \Delta\lambda_{K2r} - \Delta\lambda_{K2v}$ соответственно. Построены графики рассеяния и определены корреляционные соотношения между параметрами, относящимися к разным уровням атмосферы. Получены следующие результаты. Интенсивности, которые наблюдаются в нижней и средней хромосфере связаны между собой сильнее, чем интенсивности, относящиеся к верхней фотосфере и средней хромосфере. Структуры с усиленным магнитным полем более яркие на уровне верхней фотосферы и нижней хромосферы по отношению к структурам с более слабым полем. Разделения минимумов K_1 имеют большую величину для структур с усиленным магнитным полем по отношению к структурам с более слабым полем, тогда как для разделения пиков K_2 картина обратная — они меньше для структур с усиленным магнитным полем. Такая зависимость имеет место не только для выбранных структур спокойной области, но и для флоккулов, хотя по флоккулам требуется дополнительная статистика. Зависимость между сдвигами интенсивности минимумов K_1 и пиков K_2 для фиолетового и красного крыльев оказалась слабой. Это может быть связано как с существенным вкладом случайных движений в поле скоростей на уровнях верхней фотосферы и нижней хромосферы, так и с разностью высот образования фиолетового и красного крыльев. Ключевые слова: фотосфера, хромосфера, контуры линии К Са II.

21.01-01.491 МГД-волны в столкновительной плазме солнечной короны и земной ионосферы. Некрасов А.К., Пилипенко В.А. *Солнечно-земная физика*. 2020. 6, № 4, с. 18-25. Рус.

Рассмотрены МГД-волны (альфвеновская и быстрая магнитозвуковая моды) в однородной столкновительной трехкомпонентной плазме низкого давления ($\beta \ll 1$). Трехкомпонентная плазма состоит из электронов, ионов и нейтралов с произвольным соотношением между частотами столкновений и периодами волны. Мы вывели общее дисперсионное уравнение и соотношения для фазовой скорости и декремента затухания МГД-мод в различных предельных случаях: от слабостолкновительной плазмы до сильного зацепления между ионами и нейтралами, а также для продольного и наклонного распространения волн. В слабостолкновительном пределе собственные МГД-моды сводятся к обычным альфвеновским и быстрым магнитозвуковым волнам. Для слабо ионизированной плазмы с сильной столкновительной связью нейтралов с ионами скорости магнитозвуковых и альфвеновских волн существенно уменьшаются по сравнению с альфвеновской скоростью в теории идеальной МГД. При очень низких частотах, когда нейтралы и ионы сильно связаны, становятся возможными слабозатухающие МГД-моды, названные медленными МГД-модами. Эти моды могут наблюдаться в солнечной короне и в F-слое земной ионосферы. Ключевые слова: Солнце, земная ионосфера, столкновительная плазма, МГД-волны.

21.01-01.492 Классификация магнитосферных откликов на взаимодействие с диамагнитными структурами медленного солнечного ветра. Пархомов В.А., Еселевич В.Г., Еселевич М.В., Дмитриев А.В., Суворова А.В., Ведерникова Т.И. *Солнечно-земная физика*. 2020. 6, № 4, с. 26-41. Рус.

Предлагается возможная классификация откликов магнитосферы на контакт с диамагнитными структурами (ДС), составляющими основу медленного солнечного ветра. Основными детерминантами классификации являются значение и ориентация вертикальной компоненты B_z межпланетного магнитного поля (ММП). Определены три типа магнитосферных откликов. Первый имеет два подтипа, главными отличиями которых является наличие или отсутствие полярных сияний на дневной стороне магнитосферы. До прихода ДС в течение часа B_z имеет положительное значение (до ~ 12 нТл) или флуктуирует от -1 до 1 нТл. Для обоих подтипов длительность суббуриных возмущений примерно совпадает с длительностью ДС, а интенсивность не превышает $\Delta E \sim 500$ нТл. Второй тип характеризуется тем, что до начала контакта с ДС в течение часа регистрируется ММП с положительным значением B_z ($0-10$ нТл), а на границе ДС происходит быстрая (меньше двух минут) смена ориентации вертикальной компоненты ММП с северного на южное направление. Для третьего типа B_z в течение часа перед контактом с ДС имеет отрицательное значение (от -10 до 0 нТл). Обсуждается проблема передачи энергии ДС в магнитосферу. Ключевые слова: медленный солнечный ветер, диамагнитная структура, классификация магнитосферных откликов, суббурное возмущение.

21.01-01.493 Мониторинг параметров анизотропии космических лучей в реальном времени и краткосрочный прогноз геомагнитных возмущений. Зверев А.С., Григорьев В.Г., Гололобов П.Ю., Стародубцев С.А. *Солнечно-земная физика*. 2020. 6, № 4, с. 42-45. Рус.

В ИКФИА СО РАН реализованы непрерывный мониторинг динамики параметров распределения космических лучей с использованием данных международной базы нейтронных мониторов NMDB, доступных в реальном времени, и прогноз геомагнитной возмущенности на основе автоматического анализа полученных результатов. Мониторинг основан на применении метода глобальной съемки, позволяющего рассматривать мировую сеть нейтронных мониторов как единый прибор, ориентированный в каждый момент времени измерения во многих направлениях. Данный метод позволяет получать в реальном времени параметры девяти компонент первых двух угловых моментов функции распределения космических лучей за каждый час наблюдений. В работе рассматриваются методические вопросы, связанные с использованием метода глобальной съем-

ки в реальном времени, и приводятся некоторые результаты прогноза геомагнитных возмущений за 2017–2018 гг. Ключевые слова: космические лучи, нейтронный монитор, глобальная съемка, геомагнитные бури, зональные компоненты, предвестники.

21.01-01.494 Возрастания энергичных протонов СКЛ на Земле и их связь с источниками на Солнце. Лазутин Л.Л. *Солнечно-земная физика*. 2020. 6, № 4, с. 46-50. Рус.

По данным каталога Логачева за 23-й цикл солнечной активности исследована зависимость измеренных возрастных солнечных космических лучей (СКЛ) от возмущений на Солнце. Показано, что эффективность регистрации на Земле и в ее окрестностях возрастных СКЛ, вызванных ускорением протонов в короне, зависит от мощности солнечной вспышки, создавшей ударную волну, и положения вспышки на солнечном диске. По мере удаления потока частиц по гелиодолготе от родительской вспышки эффективность ускорения снижается, т. е. понижается максимальная энергия ускоренных частиц и, при равной энергии, интенсивность их потоков. В результате на определенном удалении по гелиодолготе от родительской вспышки поток солнечных протонов понижается до уровня галактического фона и возрастание СКЛ не регистрируется. Ключевые слова: солнечные космические лучи, балл солнечной вспышки, гелиодолгота.

21.01-01.495 Аналитическая модель околопланетной ударной волны для различных направлений магнитного поля, основанная на МГД-расчетах. Котова Г.А., Веригин М.И., Гомбоши Т., Кабин К. *Солнечно-земная физика*. 2020. 6, № 4, с. 51-58. Рус.

Для исследования физических процессов в плазме вблизи планет часто требуется знание положения и формы околопланетной ударной волны. Обычно используются эмпирические модели, поскольку теоретические магнитогидродинамические (МГД) и кинетические модели требуют слишком большого компьютерного времени и их невозможно применять для отслеживания быстротекущих процессов. М.И. Веригин предложил полуэмпирический подход, основанный на применении точных теоретических выражений с небольшим числом параметров, имеющих ясный физический смысл. Эти параметры оцениваются при аппроксимации экспериментальных данных или результатов подробных МГД-расчетов. Ранее удалось построить такую модель ударной волны около препятствия произвольной формы в случае газодинамического течения. Эта модель может быть использована при любых звуковых числах Маха и больших значениях альфвеновского числа Маха. Кроме того, был рассчитан аналитически в МГД-приближении асимптотический конус Маха — угол наклона ударной волны на бесконечном удалении от планеты. В настоящей работе предлагается модель отошедшей ударной волны для любого направления магнитного поля по отношению к скорости набегающего потока и для любых чисел Маха. Параметрами модели являются расстояние носовой точки ударной волны от препятствия, радиус кривизны и затупленность ударной волны в носовой точке, параметр перехода к асимптотическому направлению ударной волны и угол скошенности носовой части ударной волны относительно направления набегающего потока. Ключевые слова: солнечный ветер, межпланетное магнитное поле, околопланетная ударная волна, конус Маха.

21.01-01.496 Геометрический фактор в сезонных вариациях среднесуточных значений геомагнитного индекса D_{st} . Макаров Г.А. *Солнечно-земная физика*. 2020. 6, № 4, с. 59-66. Рус.

Рассматриваются данные по геомагнитному индексу D_{st} за период 1966–2015 гг. В спокойных условиях на возникновение сезонных вариаций среднесуточных значений D_{st} -индекса влияют геометрические факторы взаимодействия солнечного ветра и магнитосферы, а при усилении возмущенности — развитие частичного кольцевого тока в магнитосфере. При больших отрицательных значениях D_{st} -индекса его сезонный ход отсутствует. Предполагается, что неравномерность сети станций, по данным которых рассчитывается D_{st} -индекс, приводит к образованию его годовой вариации. Образование полугодовой ва-

риации связано с перемещением плазменного слоя относительно плоскости геомагнитного экватора при обороте Земли вокруг Солнца. По данным о полугодовых вариациях числа дней $n(D_{st})$ определено критическое среднесуточное значение геомагнитного индекса D_{st} , начиная с которого день можно считать возмущенным: $D_{st} \leq -24$ нТл. Ключевые слова: геомагнитный индекс D_{st} , полугодовая вариация магнитной активности.

21.01-01.497 Применение метода наибольших вкладов в технике инверсии магнитограмм. *Пенский Ю.В. Солнечно-земная физика.* 2020. 6, № 4, с. 67-76. Рус.

Основы созданного Гауссом сферического гармонического анализа (СГА) геомагнитного поля приобрели классическую форму Чепмена—Шмидта в первой половине XX в. В отечественной геомагнитологии метод СГА активно развивался в ИЗМИРАНе, а с началом космической эры — и в ИСЗФ СО РАН, где со временем СГА стал основой комплексного метода ТИМ (техники инверсии магнитограмм). СГА решает обратную задачу теории потенциала, в которой рассчитываются источники поля геомагнитных вариаций (ПГВ) — внутренние и внешние электрические токи. В алгоритме СГА формируется система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), включающая 3K уравнений (три компонента вариаций геомагнитного поля, K — число наземных магнитных станций). Малые изменения левой и/или правой частей такой СЛАУ могут привести к значительному изменению неизвестных переменных. Как следствие, два последовательных момента времени с практически одинаковыми значениями ПГВ аппроксимируются значительно отличающимися коэффициентами СГА, что противоречит и логике, и реальным наблюдениям геомагнитного поля. Неустраиваемая погрешность магнитометров, как и различные методики определения ПГВ на магнитных станциях мировой сети, приводят также к неустойчивости решения СЛАУ. Для оптимального решения этой задачи около полувека назад в ИСЗФ СО РАН был разработан метод наибольших вкладов (МНВ) (Method of maximum contribution, MMC). В данной работе изложены основы этого оригинального метода, а также предложен ряд его модификаций, повышающих точность и/или скорость решения СЛАУ. Показано преимущество МНВ перед другими популярными методами, особенно для Южного полушария Земли. Ключевые слова: эквивалентная токовая функция, техника инверсии магнитограмм, сферический гармонический анализ, система линейных алгебраических уравнений.

21.01-01.498 Диагностика стохастического ионосферного канала в декаметровом диапазоне радиоволн. *Афанасьев Н.Т., Чудяев С.О. Солнечно-земная физика.* 2020. 6, № 4, с. 77-85. Рус.

Предложена методика прямой диагностики стохастического ионосферного радиоканала, позволяющая пересчитать характеристики пробного зондирующего сигнала в характеристики передаваемого сигнала. Получены аналитические соотношения вторых статистических моментов траекторных характеристик основного и пробного сигналов, распространяющихся в трехмерной случайно-неоднородной ионосфере. При выводе соотношений учтены граничные условия в пунктах излучения и приема сигналов. В качестве модели случайных неоднородностей диэлектрической проницаемости ионосферы использованы представления об изменении пространственно-временного корреляционного эллипсоида, самосогласованным с пространственными изменениями средней ионосферы. Временные флуктуации случайных неоднородностей учтены в рамках гипотезы о замороженном переносе. Аналитические соотношения использованы для расчета ожидаемых статистических характеристик декаметровых сигналов на трассах наклонного зондирования ионосферы. Предложена оперативная численная алгоритмизация полученных формул. Приведены результаты численных экспериментов для определения ожидаемых дисперсий фазы, групповой задержки и доплеровского сдвига частоты основного сигнала на заданной однокачковой трассе по данным измерений этих характеристик пробного сигнала на вспомогательной трассе. Показана эффективность предложенной методики диагностики статистических траекторных характеристик декаметрового сигнала на однокачковых трассах в условиях, когда наземные пункты излучения и приема основного и пробного сигналов находятся вне окрестностей точек фокусировки вол-

нового поля. Ключевые слова: ионосфера, случайные неоднородности, флуктуации, статистические моменты, лучевое приближение, радиосигнал, декаметровый диапазон.

21.01-01.499 Влияние метеорологических штормов на область E ионосферы в 2017—2018 гг. *Борчевкина О.П., Карпов И.В., Карпов М.И., Коренькова Н.А., Власов В.И., Лещенко В.С. Солнечно-земная физика.* 2020. 6, № 4, с. 86-92. Рус.

Представлены результаты наблюдений спорадического слоя E_s в период метеорологических возмущений в Калининграде в октябре 2017 и 2018 г. на фоне спокойных геомагнитных условий. В дни метеорологических штормов (29—30 октября 2017 и 23—24 октября 2018 г.) отмечались существенные изменения в динамике критической частоты E_s-слоя. Наблюдения возмущений атмосферных и ионосферных параметров в Калининградском регионе показывают, что задержка реакции ионосферы по отношению к времени максимальных возмущений атмосферных параметров составляет около трех часов. Причины возникновения наблюдаемых явлений на высотах E-области, по-видимому, обусловлены распространением акустико-гравитационных волн, генерируемых конвективными процессами в нижней атмосфере в периоды метеорологического шторма. Усиление турбулентных процессов в нижней термосфере приводит к увеличению плотности атмосферы и ускорению рекомбинационных процессов. За этим следует быстрое снижение концентрации ионов и соответственно критической частоты слоя E_s вплоть до частот ниже порога чувствительности ионозондов. Ключевые слова: спорадический E-слой, акустико-гравитационные волны, атмосферно-ионосферные связи, метеорологические возмущения.

21.01-01.500 Землетрясения и геомагнитные возмущения. *Гульельми А.В., Клайн Б.И., Куражковская Н.А. Солнечно-земная физика.* 2020. 6, № 4, с. 93-98. Рус.

Статья посвящена проблеме связи землетрясений с геомагнитными явлениями. Экспериментальное исследование произведено методом, в основе которого лежит, во-первых, выделение экстремально спокойных и возмущенных периодов в состоянии геомагнитного поля и, во-вторых, описание сейсмической активности с помощью индекса, названного авторами глобальной суточной магнитудой (GDM). Путем анализа каталога землетрясений NEIC Геологической службы США за 20-летний период с 1980 по 1999 г. показано, что планетарная активность землетрясений в экстремально спокойных геомагнитных условиях заметно выше, чем в возмущенных условиях. Обнаруженная тенденция к повышению сейсмической активности в экстремально геомагнитно-спокойные периоды косвенно подтверждается анализом 35 землетрясений с магнитудой 8 и выше, произошедших в 1980—2019 гг. Удалось обнаружить, что в экстремально спокойных геомагнитных условиях заметно повышена вероятность возникновения сильных землетрясений. Результат качественно подтверждает предположение об изменении режима сейсмической активности вследствие воздействия переменных магнитных полей на пластичность горных пород. Ключевые слова: сейсмология, геомагнетизм, закон Гутенберга—Рихтера, магнитные бури, магнитопластичность, ансамбль землетрясений, статистическая сумма, энтропия/.

21.01-01.501 Оценка температуры реликтового излучения по линиям атомов Si и молекул со в межзвездной среде ранних галактик. *Клименко В.В., Иванчик А.В., Петижан П., Нотердам П., Шриананд Р. Письма в Астрон. ж.* 2020. 46, № 11, с. 763-773. Рус.

21.01-01.502 Измерение масс сверхмассивных черных дыр в ядрах двух активных галактик методом фотометрического эхокартирования. *Малыгин Е.А., Шабловинская Е.С., Уклеин Р.И., Грозовская А.А. Письма в Астрон. ж.* 2020. 46, № 11, с. 774-782. Рус.

21.01-01.503 Эволюционный статус пульсирующих переменных типа W Vir. *Фадеев Ю.А. Письма в Астрон. ж.* 2020. 46, № 11, с. 783-791. Рус.

21.01-01.504 Уединенный факельный узел: фонтанная магнитная структура и температурный профиль. *Соловьев А.А. Письма в Астрон. ж.* 2020. 46, № 11, с. 792-

801. Рус.

21.01-01.505 Влияние полярных корональных дыр на характеристики солнечного ветра в минимуме активности между 24 и 25 солнечными циклами. *Борисенко А.В., Богачёв С.А.* Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 11, с. 802-813. Рус.

21.01-01.506 Возможность существования захваченной радиации у Меркурия. *Лукашенко А.Т., Лаврушин А.С., Алексеев И.И., Беленькая Е.С.* Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 11, с. 814-826. Рус.

21.01-01.507 Долговременная динамика планетезималей в хаотических зонах планет. *Демидова Т.В., Шевченко И.И.* Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 11, с. 827-836. Рус.

21.01-01.508 Многоволновые наблюдения гамма-всплеска GRB 181201a и обнаружение связанной с ним сверхновой. *Белкин С.О., Позаненко А.С., Мазаева Е.Д., Вольнова А.А., Минаев П.Ю., Томинага Н., Гребенев С.А., Человеков И.В., Бакли Д., Блинные С.И., Вольвач А.Е., Вольвач Л.Н., Инсаридзе Р.Я., Клуцко Е.В., Молотов И.Е., Рева И.В., Румянцев В.В., Честнов Д.Н.* Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 12, с. 839-867. Рус.

21.01-01.509 Картирование белых карликов в системах типа AM Her. *Колбин А.И., Борисов Н.В.* Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 12, с. 868-882. Рус.

21.01-01.510 Мера дисперсии в направлении пульсара PSR B1530+27 по наблюдениям на частоте 111 МГц. *Ершов А.А.* Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 12, с. 883-887. Рус.

21.01-01.511 О свойствах корональных выбросов массы у звезд поздних спектральных классов. *Саванов И.С.* Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 12, с. 888-893. Рус.

21.01-01.512 Двухлучевой спектрограф для 2.5-м телескопа КГО ГАИШ МГУ. *Потанин С.А., Беллинский А.А., Додин А.В., Желтоухов С.Г., Ландер В.Ю., Постнов К.А., Саввин А.Д., Татарников А.М., Черепашук А.М., Черясов Д.В., Чилингарян И.В., Шатский Н.И.* Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 12, с. 894-912. Рус.

21.01-01.513 Об энергетическом спектре космогенных нейтронов. *Мальгин А.С.* Ж. эксперим. и теор. физ. 2017. 152, № 5, с. 863-876. Рус.

Рассмотрены процессы генерации космогенных нейтронов (сг-нейтронов) под землей. Космогенными называем нейтроны, образуемые мюонами космических лучей во взаимодействиях с веществом. В области энергий выше 30 МэВ их источником являются, главным образом, глубоконеупругие πA -столкновения в адронных ливнях, генерируемых мюонами. С привлечением аддитивной кварковой модели глубоконеупругих мягких процессов и механизма взаимодействий высокоэнергетических нуклонов в ядре определены характеристики энергетического спектра генерации сг-нейтронов. Объяснена трехкомпонентная форма спектра и установлена зависимость энергии «перегиба» спектра от массового числа A . Особенности глубоконеупругого πA -рассеяния приводят к заключению о резком укрупнении спектра сг-нейтронов в области энергий выше 1 ГэВ. Проведено сравнение рассчитанных количественных характеристик спектра с полученными в измерениях.

21.01-01.514 Проверка гибридной метрической-Палатини $f(R)$ -гравитации в двойных системах с пульсаром. *Авдеев Н.А., Дядина П.И., Лабазова С.П.* Ж. эксперим. и теор. физ. 2020. 158, № 4, с. 613-625. Рус.

Рассматривается применение параметризованного посткеплеровского (ППК) формализма к гибридной метрической-Палатини $f(R)$ -гравитации. В общем случае орбит с ненулевым эксцентриситетом получены аналитические выражения для четырех ППК-параметров: ω , P_b , γ и s . С учетом данных систем PSR J0737-3039 и PSR J1903+0327 накладываются ограничения на параметры гибридной $f(R)$ -гравитации и показано, что теория не противоречит наблюдательным данным, полученным

от систем с сильным гравитационным полем. Также получены предсказания для масс компонентов систем и показано, что рассмотренные астрофизические объекты будут иметь большие массы относительно предсказаний общей теории относительности.

21.01-01.515 О тонкой структуре профилей фраунгоферовых линий в спектре α CMi (Проциона). *Кулизаде Д.М., Мамедов С.Г., Алиева З.Ф., Алышева К.И., Таиров М.М.* Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 3, с. 237-245. Рус.

На основе высокодисперсионных цифровых спектральных материалов, полученных с помощью двойных монохроматоров высокого разрешения, были построены профили более 100 слабых и умеренных фраунгоферовых линий в спектре звезды α CMi спектрального класса F5 IV (Проциона). Определены параметры асимметрии профилей линий методом Кули-Заде. Исследуется изменение асимметрии профилей линий от интенсивности (эквивалентных ширин). Показано, что с увеличением интенсивности линий, интегральная и остаточная асимметрии заметно увеличиваются.

21.01-01.516 Определение химического состава Солнца методом моделей. *Кулизаде Д.М., Мамедов З.А., Алиева З.Ф., Гадирова У.Р.* Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 4, с. 181-187. Рус.

С помощью высокодисперсионных спектральных материалов были построены профили около 150 избранных спектральных линий в видимой и ближней инфракрасной области спектра Солнца. Определены их основные характеристики. Методом моделей атмосфер найдено скорость микротурбулентных движений в фотосфере Солнца по линиям FeI: $E_t = 1.1$ км/с. Определено содержание некоторых химических элементов. Ключевые слова: спектр Солнца, микротурбулентная скорость, содержание элементов.

21.01-01.517 Долговременная фотометрическая переменность активности DR TAU. *Исмаилов Н.З., Адыгезалзаде А.Н., Бажаддинова Г.Р.* Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 4, с. 188-195. Рус.

Приведены результаты анализа UBVRi фотометрических наблюдений звезд типа T Тельца DR Tau, выполненные по разным архивным данным. Построена сводная V кривая блеска, охватывающая период наблюдений более 30 лет. Показано, что среднегодовое изменение блеска незначительна, в то время как наблюдаются значительные сезонные изменения, амплитуда которого различается в разные годы. Обнаружена квазициклическая переменность активности с периодом около 15 лет. Изменение показателей WDTNF U-B, B-V можно объяснить в рамках модели холодного пятна на поверхности звезды с температурой ниже 1000 K чем температуры звезды.

21.01-01.518 Определение фундаментальных параметров звезд HD3421 (G2II), HD203454 (F8 V), HD217944 (G8 IV). *Гадирова У.Р.* Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 4, с. 196-202. Рус.

Исследованы атмосферы звезд HD3421 (G2 II), HD203454 (F8 V), HD217944 (G8 IV). Используя сравнение наблюдательных и теоретических данных некоторых спектральных и фотометрических параметров, характеризующих атмосферу звезд, а также применяя величину параллакса, определены эффективная температура и ускорение силы тяжести звезд: HD3421 $T_{\text{эфф}} = 5330 \pm 200\text{K}$, $\lg g = 2.25 \pm 0.2$, HD203454 $T_{\text{эфф}} = 5990 \pm 200\text{K}$, $\lg g = 4.25 \pm 0.2$, HD217944 $T_{\text{эфф}} = 5200 \pm 200\text{K}$, $\lg g = 3.1 \pm 0.2$. Ключевые слова: звёзды, эффективная температура, ускорение силы тяжести.

21.01-01.519 Спектральная переменность звезд HD21389 и HD187982. *Магеррамов Я.М., Гасанова А.Р., Халилов А.М., Валогланов А.Ш.* Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 4, с. 203-214. Рус.

проводятся исследования изменения структуры и спектральных параметров профилей линий $\text{H}\alpha$, $\text{H}\beta$, HeI ($\lambda 5876\text{A}$) и дублета натрия NaD , в спектрах сверхгигантов HD21389 и HD187982, полученных в период 2005–2014 гг. в ШАО. Выявлено, что в спектре HD21389 абсорбция в линии $\text{H}\alpha$ в зависимости от фазы нестабильности атмосферы звезды, имеет сложную структуру.

В активной фазе эта линия имеет инверс Р Суг профиль. На красном и фиолетовом крыле профиля возникают и исчезают эмиссионные компоненты. Все измеренные параметры профилей линий $H\alpha$ и $H\beta$ показывают переменность. Предполагается, что эти изменения происходят за счет нестационарности и сильного истечения вещества из атмосферы этих звезд. Обнаружено, что в спектре звезды HD187982 в течении одних суток, полученных по спектрам 09.08.2014г. и 10.08.2014 г. наблюдается изменение лучевой скорости, определенной несколько раз по всем спектральным линиям. При этом изменение фотосферных линий HeI и FeII больше, чем водородных линий $H\alpha$ и $H\beta$. Эта дает основание предполагать, что из глубоких слоев атмосферы произошло мощное истечение вещества по направлению к наблюдателю.

21.01-01.520 Новый подход к решению проблемы синтеза р-ядер в массивных звездах. Копытин И.В., Крыловецкая Т.А. Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2000, № 1, с. 22-31. Рус.

Исследуется роль новых физических явлений — столкновительного бета-распада и фотобета-распада стабильных ядер в процессе синтеза обойденных изотопов в массивных звездах.

21.01-01.521 Исследования планет с использованием многоразовых взлётно-посадочных комплексов. Сапрыкин О.А. Вестник Московского авиац. ин-та. 2020. 27, № 4, с. 48-58. Рус.

Проводится сравнительный анализ известных способов исследования планет Солнечной системы автоматическими межпланетными станциями (АМС): исследований с пролётных траекторий, исследований с околопланетной орбиты, исследований планет с высадкой зондов (стационарных либо мобильных) непосредственно на поверхность планеты. В качестве критериев сравнения выбраны условия обеспечения глобальной съёмки планеты, контактных исследований (анализ грунта и т.д.), возможности посещения нескольких районов планеты (удалённых друг от друга на глобальные расстояния, для которых обеспечиваются контактные исследования), максимизации протяженности маршрутов детальных исследований на планете, применимости способа для пионерских миссий (при минимальных начальных знаниях о космическом объекте), возможности многократного использования космических средств и научных приборов, возможности использования однотипных (в том числе одних и тех же) космических средств для исследования различных космических объектов. В процессе анализа делается вывод, что ни один из практикуемых способов не решает научные задачи одновременно и комплексно (в глобальных масштабах исследуемой планеты) и детально (на уровне контактных зондов). Вместе с тем предложено рассмотреть четвёртый, практически не изученный способ исследований — с использованием орбитальных танкеров-заправщиков (ОТЗ) и многоразовых взлётно-посадочных комплексов (МВПК). Показано, что при использовании нового способа исследований возможна реализация наукоёмких сценариев научных миссий, сочетающих и масштабность (например, исследование в рамках одной миссии нескольких удалённых районов планеты или даже нескольких планет-спутников у планет-гигантов), и контактность исследований (взятие проб грунта, бурение и т.д.).

21.01-01.522 Интерференция гравитационного и кулоновского потенциалов в гелиосфере. Gravitational and Coulomb Potentials Interference in Heliosphere. Vysikaylo P.I., Ryabukha N.S. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2020, № 6, с. 93-121. Англ.

Interference of gravitational and Coulomb potentials in the entire heliosphere is considered, it is being manifested in generation of two opposite flows of charged particles: 1) that are neutral or with a small charge to the Sun, and 2) in the form of a solar wind

from the Sun. According to the Einstein—Smoluchowski relation $T_e(R)=eD_e/\mu_e\sim(E/N)^{0.75}$ based on the N experimental values (heavy particles number density — the n_e electron concentration), the T_e electron temperature in the entire heliosphere was for the first time analytically calculated depending on the charge of the Sun and distance to it R. Calculated values of the registered ion parameters in the solar wind were compared with experimental observations. Reasons for generating the ring current in inhomogeneous heliosphere and inapplicability of the Debye theory in describing processes in the solar wind (plasma with current) are considered. DOI: 10.18698/1812-3368-2020-6-93-121.

21.01-01.523 Применение моделей Фрийдмана для описания эволюции Вселенной на основе данных SAI Supernovae Catalog. Гавриков А.С., Саха Б., Рихвицкий В.С. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (ранее Вестник РУДН. Серия Математика. Информатика. Физика). 2020. 28, № 2, с. 120-130. Рус.

В последние годы благодаря современным и изощренным технологиям астрономы и астрофизики смогли заглянуть вглубь Вселенной. Полученные при этом данные ставят перед космологами новые проблемы. Одна из проблем заключается в разработке адекватной и достаточной теории. Другая проблема заключается в сопоставлении теоретических результатов с результатами наблюдений. В настоящем докладе в рамках изотропной и однородной космологической модели Фрийдмана—Леметра—Робертсона—Уолкера (FLRW) мы изучаем эволюцию Вселенной, заполненной пылью или космологической постоянной. Причина рассмотрения этих моделей заключается в том, что нынешняя Вселенная удивительно однородна и изотропна в больших масштабах. Мы также сравниваем наши результаты с данными из каталога SAI Supernovae Catalog. Поскольку данные наблюдений даны в терминах постоянной Хаббла (H) и красного смещения (z), мы переписываем соответствующие уравнения в виде функций от z . Задача состоит в том, чтобы найти набор параметров для математической модели изотропной и однородной Вселенной, который лучше всего соответствует астрономическим данным, полученным при изучении сверхновых: звёздная величина (m), красное смещение (z).

21.01-01.524 Спиновое поле в сферически симметричной Вселенной Фрийдмана. Саха Б., Захаров Е.И., Рихвицкий В.С. Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (ранее Вестник РУДН. Серия Математика. Информатика. Физика). 2020. 28, № 2, с. 131-140. Рус.

В последние годы спиновое поле используется многими авторами для решения некоторых актуальных вопросов современной космологии. Мотив использования спинорного поля в качестве источника гравитационного поля заключается в том, что спиновое поле может не только описывать различные этапы эволюции Вселенной, но и моделировать различные типы вещества, такие как идеальная жидкость и темная энергия. Кроме того, спиновое поле очень чувствительно к гравитационному, и в зависимости от гравитационного поля спиновое поле может реагировать по-разному, изменяя тем самым геометрию пространства-времени. В настоящей работе дается краткое описание нелинейного спинорного поля в модели Фрийдмана—Леметра—Робертсона—Уолкера (FLRW). Результаты сравниваются в декартовых и сферических координатах. Показано, что при переходе от декартовых координат к сферическим тензор энергии-импульса имеет дополнительные ненулевые недиагональные компоненты, которые могут накладывать ограничения как на спиновое функции, так и на метрические.

См. также **21.01-01.6K, 21.01-01.7K, 21.01-01.8K, 21.01-01.9K, 21.01-01.24, 21.01-01.27, 21.01-01.28, 21.01-01.207, 21.01-01.324, 21.01-01.334, 21.01-01.335**

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

В

Badiy M. 21.01-01.159
 Bajkova A.T. 21.01-01.474
 Brumberg E.V. 21.01-01.471

F

Finkelstein A.M. 21.01-01.474

P

Pyatunina T.B. 21.01-01.474

R

Ryabukha N.S. 21.01-01.522

V

Vysikaylo P.I. 21.01-01.522

A

Абдрашитов А.А. 21.01-01.141
 Абдуллаев Ф.А. 21.01-01.90,
 21.01-01.195
 Абдуллоев С.Х. 21.01-01.481,
 21.01-01.484, 21.01-01.485,
 21.01-01.486
 Абрамович А.А. 21.01-01.146
 Абрамов-Максимов В.Е. 21.01-01.411
 Авдеев Н.А. 21.01-01.514
 Агранат В.А. 21.01-01.14К
 Адакин Р.Д. 21.01-01.312
 Адамова А.Д. 21.01-01.239
 Адыгезалзаде А.Н. 21.01-01.517
 Айвазян Г.Е. 21.01-01.183
 Аитов В.Н. 21.01-01.418,
 21.01-01.423, 21.01-01.424
 Акдодов Д.М. 21.01-01.99
 Акимов А.Г. 21.01-01.272
 Аксим Д.А. 21.01-01.377
 Алейник А.С. 21.01-01.76,
 21.01-01.134
 Алейник С.В. 21.01-01.242,
 21.01-01.254
 Александров В.А. 21.01-01.170
 Алексеев И.И. 21.01-01.506
 Алексеев С.А. 21.01-01.221
 Алексеев Ю.В. 21.01-01.165
 Алексеева А.В. 21.01-01.446
 Алексеева С.М. 21.01-01.39
 Аleshин А.Р. 21.01-01.60
 Алешкин В.М. 21.01-01.227
 Алиева З.Ф. 21.01-01.515,
 21.01-01.516
 Ализаде Ф.Х. 21.01-01.94
 Альшева К.И. 21.01-01.515
 Амати Л. 21.01-01.400
 Амензаде Р.Ю. 21.01-01.195
 Амирханов И.В. 21.01-01.34
 Амирханян В.Р. 21.01-01.395
 Анагностопулос Т. 21.01-01.256
 Андреев В.Г. 21.01-01.72
 Андреева И.Г. 21.01-01.287
 Андреева Т.С. 21.01-01.339,
 21.01-01.346, 21.01-01.378
 Анисимкин В.И. 21.01-01.127
 Аракелян Н.Р. 21.01-01.415
 Артеменко Ю.Н. 21.01-01.342
 Архаров А.А. 21.01-01.378
 Астапов С.С. 21.01-01.275

Асташев В.К. 21.01-01.86,
 21.01-01.298
 Астрединова Н.В. 21.01-01.308
 Асфандияров Ш.А. 21.01-01.116
 Афанасьев Н.Т. 21.01-01.498
 Ахметзянов М.Р. 21.01-01.482
 Ахтямов М.Х. 21.01-01.80
 Ахундов М.Б. 21.01-01.195
 Ахунов А.А. 21.01-01.193
 Ачкинадзе А.Ш. 21.01-01.42

Б

Бабаджанов П.Б. 21.01-01.480
 Бабешко В.А. 21.01-01.325
 Бабешко О.М. 21.01-01.325
 Бабий В.И. 21.01-01.179
 Багров А.В. 21.01-01.365
 Бадмаев Б.Б. 21.01-01.114
 Бадмажапова Т.Б. 21.01-01.91
 Баев А.Д. 21.01-01.30
 Базарова С.Б. 21.01-01.106
 Байкова А.Т. 21.01-01.404
 Бакитыко Р.В. 21.01-01.373
 Бакланов В.С. 21.01-01.196
 Бакли Д. 21.01-01.508
 Бакулин В.Н. 21.01-01.83
 Балакший В.И. 21.01-01.122
 Балакшин П.В. 21.01-01.237,
 21.01-01.241
 Балмашнов Р.В. 21.01-01.359
 Балогланов А.Ш. 21.01-01.519
 Баллошин Ю.А. 21.01-01.61,
 21.01-01.91
 Баранов В.А. 21.01-01.326
 Баринов А.В. 21.01-01.307,
 21.01-01.308
 Барсуков Р.В. 21.01-01.151,
 21.01-01.207
 Барсукова Е.А. 21.01-01.410
 Барышев Ю.В. 21.01-01.400
 Барышников В.Н. 21.01-01.468
 Батраков А.А. 21.01-01.405
 Бахаддинова Г.Р. 21.01-01.517
 Баходдин В.С. 21.01-01.366
 Башкиров В.И. 21.01-01.14К
 Беззаметнов О.Н. 21.01-01.203
 Безменов И.В. 21.01-01.361
 Безруков И.А. 21.01-01.377,
 21.01-01.379
 Бельнская Е.С. 21.01-01.506
 Беликов Ю.Е. 21.01-01.450
 Белинский А.А. 21.01-01.512
 Белкин С.О. 21.01-01.508
 Беляев Г.Р. 21.01-01.343
 Вендерский Л.А. 21.01-01.199
 Бердников А.С. 21.01-01.360,
 21.01-01.363
 Берестовицкий Э.Г. 21.01-01.213
 Бибииков Н.Г. 21.01-01.166,
 21.01-01.286, 21.01-01.291
 Бибииков С.В. 21.01-01.210,
 21.01-01.296
 Биллингс Л. 21.01-01.445
 Блинные С.И. 21.01-01.508
 Блохин А.М. 21.01-01.36
 Бобина А.С. 21.01-01.52
 Бобровицкий Ю.И. 21.01-01.117
 Бобылев В.В. 21.01-01.404
 Богачёв С.А. 21.01-01.505
 Богдан О.П. 21.01-01.311
 Богданов В.К. 21.01-01.103
 Боголюбов Б.Н. 21.01-01.51

Богомоллов А.В. 21.01-01.223
 Богомоллов С.В. 21.01-01.328
 Бойчук И.П. 21.01-01.69,
 21.01-01.197
 Бондаренко Ю.С. 21.01-01.353,
 21.01-01.377, 21.01-01.394,
 21.01-01.462
 Бонковски П. 21.01-01.269
 Борисенко А.В. 21.01-01.505
 Борисенко В.А. 21.01-01.110
 Борисов Н.В. 21.01-01.409,
 21.01-01.509
 Борисов С.В. 21.01-01.171
 Боровик В.Н. 21.01-01.411
 Бородин И.А. 21.01-01.128,
 21.01-01.129, 21.01-01.147,
 21.01-01.148
 Борчевкина О.П. 21.01-01.499
 Бочков М.С. 21.01-01.326
 Бражкин В.В. 21.01-01.105
 Бреховских Л.М. 21.01-01.17К
 Бритенков А.К. 21.01-01.51
 Брысев А.П. 21.01-01.64
 Брэннен П. 21.01-01.22
 Бубнов Е.Я. 21.01-01.54
 Буданов С.П. 21.01-01.172
 Бутько М.Б. 21.01-01.232,
 21.01-01.233
 Бузик Г.Б. 21.01-01.344
 Булат П.В. 21.01-01.185,
 21.01-01.186, 21.01-01.187,
 21.01-01.188, 21.01-01.189,
 21.01-01.190, 21.01-01.191,
 21.01-01.192
 Булгакова Е.В. 21.01-01.257,
 21.01-01.262
 Бункин А.Ф. 21.01-01.64,
 21.01-01.125
 Буренков А.Н. 21.01-01.410,
 21.01-01.424
 Буркацкий А.С. 21.01-01.110
 Бурков С.И. 21.01-01.48
 Бурлакова Т.Е. 21.01-01.418,
 21.01-01.423
 Бурлуцкий С.Б. 21.01-01.146
 Буров В.А. 21.01-01.450
 Буянов А.П. 21.01-01.170
 Быков В.Ю. 21.01-01.376
 Бычков В.Д. 21.01-01.423,
 21.01-01.424

В

Вавилов Д.Е. 21.01-01.364
 Валеев А.Ф. 21.01-01.405,
 21.01-01.410, 21.01-01.418,
 21.01-01.423
 Валявин Г.Г. 21.01-01.418,
 21.01-01.423
 Ван де Уотер Р. 21.01-01.438
 Ван М. 21.01-01.390, 21.01-01.391,
 21.01-01.391, 21.01-01.394
 Вараксин А.Н. 21.01-01.290
 Варданян А.А. 21.01-01.183
 Вареникова А.Ю. 21.01-01.65
 Василенков Д.А. 21.01-01.202
 Васильев А.Б. 21.01-01.72
 Васильев Б.П. 21.01-01.138
 Васильев М.В. 21.01-01.353,
 21.01-01.456
 Васильков Р.Е. 21.01-01.194
 Вдовин В.А. 21.01-01.72
 Веденяпин В.В. 21.01-01.324

- Ведерникова Т.И. 21.01-01.492
 Ведешин Л.А. 21.01-01.340,
 21.01-01.380, 21.01-01.393
 Векслер В.Я. 21.01-01.181
 Векшин Ю.В. 21.01-01.367,
 21.01-01.381, 21.01-01.382
 Велиев Е.И. 21.01-01.302
 Веригин М.И. 21.01-01.495
 Вибе Д.З. 21.01-01.402
 Виноградова Т.А. 21.01-01.364,
 21.01-01.383
 Вировлянский А.Л. 21.01-01.175
 Витушкин Л.Ф. 21.01-01.354
 Вишняков А.Н. 21.01-01.198
 Владимиров О.В. 21.01-01.338
 Владыко И.В. 21.01-01.89
 Власов А.А. 21.01-01.134
 Власов В.И. 21.01-01.499
 Власьев М.В. 21.01-01.165
 Власюк В.В. 21.01-01.400,
 21.01-01.422
 Водолагина А.Г. 21.01-01.377
 Воинов А.В. 21.01-01.464
 Волков К.Н. 21.01-01.187,
 21.01-01.190, 21.01-01.192
 Волков С.А. 21.01-01.355
 Волкова А.О. 21.01-01.201
 Волкова Н.В. 21.01-01.214
 Волкова О.А. 21.01-01.396
 Володарский А.Б. 21.01-01.108
 Вольвач А.Е. 21.01-01.347,
 21.01-01.508
 Вольвач Л.Н. 21.01-01.508
 Вольнова А.А. 21.01-01.508
 Вонг К. 21.01-01.23
 Воронина Е.В. 21.01-01.221
 Воронина К.А. 21.01-01.130
 Воронина М.Ю. 21.01-01.324
 Воропаев С.А. 21.01-01.430
 Вылегжанин А.В. 21.01-01.379
 Вытнов А.В. 21.01-01.352,
 21.01-01.367, 21.01-01.374
 Вьюгин П.Н. 21.01-01.81
 Вьюгинова А.А. 21.01-01.149
 Вьюненко Ю.Н. 21.01-01.220
- Г**
- Габараев О.Г. 21.01-01.306
 Габдеев М.М. 21.01-01.409
 Гавриков А.С. 21.01-01.523
 Гаврилов Д.А. 21.01-01.366
 Гаврилов Л.Р. 21.01-01.53
 Гадельшин Д.Р. 21.01-01.418,
 21.01-01.423
 Гадирова У.Р. 21.01-01.516,
 21.01-01.518
 Гайфуллин А.М. 21.01-01.31
 Галазутдинов Г.А. 21.01-01.418,
 21.01-01.423
 Галазутдинова О.А. 21.01-01.414
 Ганиев Р.Ф. 21.01-01.302
 Ганиев С.Р. 21.01-01.98
 Гасанова А.Р. 21.01-01.519
 Гасымов Г.М. 21.01-01.219
 Гвоздева А.П. 21.01-01.287
 Генне Д.В. 21.01-01.207
 Герасимов Г.В. 21.01-01.355
 Герасимова Е.Г. 21.01-01.223
 Гиддингс С. 21.01-01.443
 Глаголевский Ю.В. 21.01-01.419
 Гладиллин А.В. 21.01-01.19
 Глазунов В.А. 21.01-01.302
 Глазунов П.С. 21.01-01.72
 Глотов В.Д. 21.01-01.368
- Глуздов А.Н. 21.01-01.385
 Глухов А.А. 21.01-01.77
 Гнеушев И.А. 21.01-01.63
 Гнутик А.П. 21.01-01.60
 Гожа М.Л. 21.01-01.408
 Голендухин Д.В. 21.01-01.269
 Гололобов П.Ю. 21.01-01.493
 Гольх Р.Н. 21.01-01.154
 Гольцман Ф.М. 21.01-01.468
 Гомбоев Р.И. 21.01-01.91
 Гомбоши Т. 21.01-01.495
 Горанский В.П. 21.01-01.410
 Горбачев И.А. 21.01-01.127
 Городный В.А. 21.01-01.280,
 21.01-01.282
 Горшков В.Л. 21.01-01.356,
 21.01-01.384
 Гранкин К. 21.01-01.426
 Граннеман С. 21.01-01.120
 Грачев В.Г. 21.01-01.472
 Гребенев С.А. 21.01-01.508
 Гребенников А.С. 21.01-01.82
 Гренков С.А. 21.01-01.339,
 21.01-01.346, 21.01-01.369,
 21.01-01.392
 Григорьев А.С. 21.01-01.280,
 21.01-01.281
 Григорьев В.Г. 21.01-01.493
 Григорьев В.М. 21.01-01.489
 Григорьева С.А. 21.01-01.490
 Григорьев-Голубев В.В. 21.01-01.109
 Гринек А.В. 21.01-01.69
 Гринин А.О. 21.01-01.299
 Гриценко В.А. 21.01-01.171
 Гришин М.Я. 21.01-01.64
 Гришина А.С. 21.01-01.356
 Гроховская А.А. 21.01-01.401,
 21.01-01.502
 Грудинин В.А. 21.01-01.256
 Губанов В.С. 21.01-01.372
 Гузев М.А. 21.01-01.89
 Гузевич С.Н. 21.01-01.488
 Гулгенов Ч.Ж. 21.01-01.106
 Гулий О.И. 21.01-01.148
 Гульельми А.В. 21.01-01.500
 Гуров И.П. 21.01-01.74
 Гусев А.В. 21.01-01.390
 Гусев В.А. 21.01-01.47, 21.01-01.92,
 21.01-01.93
 Гутова С.Ю. 21.01-01.276
- Д**
- Давлатзода Д. 21.01-01.485
 Давтян А.С. 21.01-01.359
 Дайнеко С.Г. 21.01-01.178
 Дамдинов Б.Б. 21.01-01.61,
 21.01-01.91
 Данилов А.Д. 21.01-01.447,
 21.01-01.448, 21.01-01.449
 Данилов В.М. 21.01-01.416
 Данилова В.В. 21.01-01.251
 Дбар Р.С. 21.01-01.166
 Дейнека И.Г. 21.01-01.76,
 21.01-01.133
 Дембелова Т.С. 21.01-01.114
 Демидова Т.В. 21.01-01.507
 Демин А.В. 21.01-01.172,
 21.01-01.173
 Денисенко П.В. 21.01-01.95,
 21.01-01.185, 21.01-01.186,
 21.01-01.188, 21.01-01.189,
 21.01-01.191
 Денисов С.Л. 21.01-01.208
 Деркачев И.С. 21.01-01.66,
 21.01-01.68
 Джинго Я. 21.01-01.430
 Джуиет Д. 21.01-01.441
 Диденкулов И.Н. 21.01-01.81,
 21.01-01.110
 Дмитриев А.В. 21.01-01.492
 Дмитриев С.П. 21.01-01.144
 Дмитриев Э.А. 21.01-01.332
 Добриков В.А. 21.01-01.366
 Додин А.В. 21.01-01.512
 Додонов С.Н. 21.01-01.401
 Долгов Р.В. 21.01-01.80
 Доренская А.В. 21.01-01.307
 Драбев С.В. 21.01-01.424
 Дравских А.Ф. 21.01-01.341
 Дроздов В.Н. 21.01-01.479
 Дубаренко В.В. 21.01-01.342
 Дубинов А.Е. 21.01-01.112
 Дугаров Г.А. 21.01-01.70, 21.01-01.71
 Дугин Н.А. 21.01-01.343,
 21.01-01.344
 Дучков А.А. 21.01-01.70
 Душенко Н.В. 21.01-01.430
 Дымченко В.В. 21.01-01.215
 Дышлевский С.В. 21.01-01.450
 Дядина П.И. 21.01-01.514
- Е**
- Евдокимов В.С. 21.01-01.325
 Евдокимова О.В. 21.01-01.325
 Евстигнеев А.И. 21.01-01.332
 Евтютов А.П. 21.01-01.18К
 Егоров А.С. 21.01-01.110
 Егоров О.В. 21.01-01.412
 Егорова М.А. 21.01-01.272,
 21.01-01.288, 21.01-01.289
 Елисеев Н.Ю. 21.01-01.150
 Елисеева Н.Г. 21.01-01.467
 Елистратов В.П. 21.01-01.166
 Емельянов Э.В. 21.01-01.424
 Епифанов В.П. 21.01-01.162
 Еремьянц В.Э. 21.01-01.194
 Ермакова Л.В. 21.01-01.489
 Ерофеев В.И. 21.01-01.215
 Ершов А.А. 21.01-01.510
 Еселевич В.Г. 21.01-01.492
 Еселевич М.В. 21.01-01.492
 Есипов И.Б. 21.01-01.166
 Ефимова М.Е. 21.01-01.174
- Ж**
- Жаринов И.О. 21.01-01.293
 Жарков Д.А. 21.01-01.93
 Жаров В.Е. 21.01-01.361
 Жарова А.В. 21.01-01.410
 Жвик В.В. 21.01-01.31
 Железнов Н.Б. 21.01-01.364,
 21.01-01.377, 21.01-01.458,
 21.01-01.477
 Железны М. 21.01-01.255
 Железный В.Б. 21.01-01.100
 Желтоухов С.Г. 21.01-01.512
 Жерносок С.В. 21.01-01.309
 Жиганов П.Г. 21.01-01.74
 Жигулин Г.П. 21.01-01.232
 Жостков Р.А. 21.01-01.209
 Жужулина Е. 21.01-01.428
 Жуков Е.Т. 21.01-01.374,
 21.01-01.375
 Журавлева Е.С. 21.01-01.111
 Журенков А.Г. 21.01-01.172,
 21.01-01.173
 Жучков Р.Я. 21.01-01.417

З

Заборонкова Т.М. 21.01-01.343
 Заверткин П.С. 21.01-01.446
 Завирски К. 21.01-01.479
 Задиранов А.Н. 21.01-01.318
 Задорожный В.С. 21.01-01.103
 Зайцев А.А. 21.01-01.39
 Зайцев А.В. 21.01-01.301,
 21.01-01.364
 Зайцев Б.Д. 21.01-01.128,
 21.01-01.129, 21.01-01.147,
 21.01-01.148
 Замарашкина М.Д. 21.01-01.459,
 21.01-01.460
 Замотин К.Ю. 21.01-01.292
 Заславский В.Ю. 21.01-01.161
 Заславский Ю.М. 21.01-01.161
 Захаров Д.С. 21.01-01.252
 Захаров Е.И. 21.01-01.524
 Захарова Т.В. 21.01-01.328
 Зверев А.С. 21.01-01.493
 Зверев А.Я. 21.01-01.216
 Звягин А.В. 21.01-01.73
 Зиновьев П.В. 21.01-01.374
 Злобина Н.В. 21.01-01.49
 Золотова О.П. 21.01-01.48
 Зорин М.С. 21.01-01.389
 Зотов М.Б. 21.01-01.345,
 21.01-01.367, 21.01-01.381
 Зуга В.А. 21.01-01.347

И

Ибадинов Х.И. 21.01-01.483
 Иванкова Е.П. 21.01-01.332
 Иванов А.И. 21.01-01.201
 Иванов В.К. 21.01-01.357
 Иванов В.П. 21.01-01.346
 Иванов В.Ф. 21.01-01.366
 Иванов Д.В. 21.01-01.345,
 21.01-01.375, 21.01-01.378
 Иванов М.П. 21.01-01.291
 Иванова А.Д. 21.01-01.273
 Иванова А.Е. 21.01-01.423
 Иванова И.А. 21.01-01.225
 Иванчик А.В. 21.01-01.501
 Иванько Д.В. 21.01-01.264
 Ивашина А.В. 21.01-01.385
 Ивлиев С.В. 21.01-01.100
 Ивлюшкин Д.В. 21.01-01.446
 Ивонин А.Н. 21.01-01.487
 Игнатенко И.Ю. 21.01-01.361
 Измайлов И.С. 21.01-01.417
 Ильин Г.Н. 21.01-01.339,
 21.01-01.370, 21.01-01.376
 Ильина Е.Е. 21.01-01.95
 Ильина Т.Е. 21.01-01.95
 Имашев С.А. 21.01-01.319
 Инасаридзе Р.Я. 21.01-01.508

Й

Йоша Г.И.Г. 21.01-01.402

И

Ипатов А.В. 21.01-01.346,
 21.01-01.378, 21.01-01.393
 Исаев А.Е. 21.01-01.176, 21.01-01.177
 Исаенко А.В. 21.01-01.339
 Исмаилов Н.З. 21.01-01.517
 Исмаилова Г.Г. 21.01-01.40
 Исмаатов Н.М. 21.01-01.84

К

Кабаров В.И. 21.01-01.275
 Кабин К. 21.01-01.495
 Кадменский С.Г. 21.01-01.337
 Кадыров С.Г. 21.01-01.109
 Казаков Ю.В. 21.01-01.170
 Казарова А.Ю. 21.01-01.175
 Казначеев И.В. 21.01-01.160
 Казначеева Е.С. 21.01-01.159
 Кайа Х. 21.01-01.265
 Кайдановский Н.Л. 21.01-01.27,
 21.01-01.28
 Каландарбеков И. 21.01-01.314
 Калашников С.В. 21.01-01.115
 Калиев А.К. 21.01-01.270
 Калинин А.В. 21.01-01.344
 Калининчева О.В. 21.01-01.421
 Камалов Ю.Р. 21.01-01.273
 Камальдинова Р.А. 21.01-01.487
 Канев Н.Г. 21.01-01.212,
 21.01-01.217, 21.01-01.228
 Каневский Б.З. 21.01-01.347
 Карев В.И. 21.01-01.301
 Карзова М.М. 21.01-01.271
 Каримов А.Р. 21.01-01.103
 Карнилович С.П. 21.01-01.211
 Карпешин Ф.Ф. 21.01-01.354
 Карпичев А.С. 21.01-01.352,
 21.01-01.367, 21.01-01.375
 Карпов А.А. 21.01-01.255,
 21.01-01.264, 21.01-01.265,
 21.01-01.278
 Карпов И.А. 21.01-01.82
 Карпов И.В. 21.01-01.499
 Карпов М.И. 21.01-01.499
 Карутин С.Н. 21.01-01.368
 Касаткин Б.А. 21.01-01.49
 Касаткин С.Б. 21.01-01.49
 Катин В.Д. 21.01-01.80
 Качалин А.С. 21.01-01.326
 Качановский Ю.М. 21.01-01.446
 Кашин А.И. 21.01-01.321
 Кашин В.В. 21.01-01.127
 Кашин Я.М. 21.01-01.79
 Кедринский В.К. 21.01-01.111
 Кедрова Г.Е. 21.01-01.277
 Кен В.О. 21.01-01.358, 21.01-01.382,
 21.01-01.389
 Кенигсберггер Г.В. 21.01-01.166,
 21.01-01.291
 Кечик Д.А. 21.01-01.300
 Ким А.А. 21.01-01.82
 Кижагулов И.Ю. 21.01-01.295,
 21.01-01.307
 Киштактова И.С. 21.01-01.230,
 21.01-01.264
 Киреевков А.Ю. 21.01-01.134
 Кириллов Г.А. 21.01-01.79
 Кириллов Д.В. 21.01-01.304
 Кирпичников В.Ю. 21.01-01.204
 Кисляков Ю.Ю. 21.01-01.223
 Китайгородский Ю.И. 21.01-01.14К
 Кияева О.В. 21.01-01.417
 Клайн Б.И. 21.01-01.500
 Клещев А.А. 21.01-01.43
 Клименко В.В. 21.01-01.501
 Климчук Е.Г. 21.01-01.184
 Клонер С.А. 21.01-01.465,
 21.01-01.466, 21.01-01.469
 Клопотов Р.В. 21.01-01.64
 Клочкова В.Г. 21.01-01.422
 Клунко Е.В. 21.01-01.508
 Ключников А.И. 21.01-01.78
 Ковалева М.И. 21.01-01.63,
 21.01-01.338

Коваленко А.В. 21.01-01.347
 Коваленко А.Н. 21.01-01.113
 Коваленко И.Г. 21.01-01.20
 Коваленко Ю.Ф. 21.01-01.301
 Коваль В.В. 21.01-01.359,
 21.01-01.408
 Ковзель Д.Г. 21.01-01.171
 Ковыркина О.А. 21.01-01.37
 Коган Б.Л. 21.01-01.347
 Кожемякин И.В. 21.01-01.168
 Кожин А.Л. 21.01-01.368
 Кожушко В.В. 21.01-01.126
 Козабаранов Р.В. 21.01-01.110
 Козлов А.В. 21.01-01.385
 Козлова О. 21.01-01.427
 Койнаш Б.В. 21.01-01.476
 Кокшайский А.И. 21.01-01.108
 Колбин А.И. 21.01-01.509
 Колесников Ю.И. 21.01-01.71
 Колесов В.В. 21.01-01.127
 Кольцов Н.Е. 21.01-01.392
 Комаров В.В. 21.01-01.424
 Комарова В.Н. 21.01-01.424
 Комаровский К.О. 21.01-01.47
 Кондратьев С.И. 21.01-01.69
 Коннова Е.О. 21.01-01.102
 Константинова А.В. 21.01-01.447,
 21.01-01.448, 21.01-01.449
 Коузэй Э. 21.01-01.25
 Колейкин С.М. 21.01-01.469
 Коптюхов А.О. 21.01-01.113
 Копылов А.И. 21.01-01.413
 Копылова Ф.Г. 21.01-01.413
 Копытин И.В. 21.01-01.520
 Кораблев О.И. 21.01-01.423
 Коренькова Н.А. 21.01-01.499
 Корж И.Г. 21.01-01.29, 21.01-01.167
 Коржаков А.В. 21.01-01.121
 Коржакова С.А. 21.01-01.121
 Корзухин С.В. 21.01-01.269
 Кормилицын А.Ю. 21.01-01.294
 Корнев А.Ф. 21.01-01.359
 Корнюшин А.М. 21.01-01.342
 Коробов А.И. 21.01-01.108
 Королёв Ю.П. 21.01-01.157
 Корякин Ю.А. 21.01-01.1К
 Костенков А.Е. 21.01-01.405
 Костин В.А. 21.01-01.30
 Костин Д.В. 21.01-01.30,
 21.01-01.338
 Костишин М.О. 21.01-01.293
 Косыгин В.Ю. 21.01-01.80
 Косыкин А.И. 21.01-01.385
 Котельникова Л.М. 21.01-01.44
 Котов А.Н. 21.01-01.209
 Котова Г.А. 21.01-01.495
 Котопаева Н.Г. 21.01-01.450
 Кохирова Г.И. 21.01-01.480,
 21.01-01.482, 21.01-01.484,
 21.01-01.486
 Кочегова О.М. 21.01-01.364,
 21.01-01.377
 Кошкин А.В. 21.01-01.107
 Кравченко Н.Ю. 21.01-01.41
 Кравчук Д.А. 21.01-01.130
 Кравчун П.Н. 21.01-01.226
 Красинский Г.А. 21.01-01.456
 Краснова Е.В. 21.01-01.250
 Крашенинников С.Ю. 21.01-01.199
 Крейчи С.А. 21.01-01.277
 Крень А.П. 21.01-01.295
 Кривошеев К.В. 21.01-01.472
 Кривошейкин А.В. 21.01-01.266,
 21.01-01.283
 Крит Т.Б. 21.01-01.273

Кроль П. 21.01-01.410
 Кротова Е.В. 21.01-01.203
 Крохалев А.В. 21.01-01.348,
 21.01-01.349
 Крохмаль А.А. 21.01-01.120
 Круглов А.В. 21.01-01.373
 Крыловецкая Т.А. 21.01-01.520
 Крючков С.В. 21.01-01.484
 Ксенофонтова В.К. 21.01-01.222
 Кудан Е.В. 21.01-01.120
 Кудашев О.Ю. 21.01-01.249
 Куделькин А.А. 21.01-01.386
 Кудина Т.Л. 21.01-01.472
 Кудрявцев Д.О. 21.01-01.407
 Кудряшов А.В. 21.01-01.422
 Кузин С.В. 21.01-01.446
 Кузин С.П. 21.01-01.362,
 21.01-01.365, 21.01-01.371
 Кузнецов В.Б. 21.01-01.364,
 21.01-01.377, 21.01-01.463,
 21.01-01.478
 Кузнецов Г.Н. 21.01-01.56
 Кузькин В.М. 21.01-01.56,
 21.01-01.159, 21.01-01.160
 Куксенова Л.И. 21.01-01.316
 Кукушкин А.В. 21.01-01.433
 Кукушкин Ю.А. 21.01-01.223
 Кулешов Ю.В. 21.01-01.385
 Кулешова Е.М. 21.01-01.316
 Кулиев Г.Ф. 21.01-01.40, 21.01-01.97
 Кули-заде Д.М. 21.01-01.515,
 21.01-01.516
 Куликова А.В. 21.01-01.174
 Куличков С.Н. 21.01-01.182,
 21.01-01.183
 Кульков Д.С. 21.01-01.319,
 21.01-01.320
 Кулябов Д.С. 21.01-01.41
 Купоросов Ю.И. 21.01-01.306
 Купрейчик М.И. 21.01-01.122
 Куражковская Н.А. 21.01-01.500
 Курдубов С.Л. 21.01-01.372,
 21.01-01.386
 Курменев Д.В. 21.01-01.98
 Курочкин В.Е. 21.01-01.143,
 21.01-01.144
 Кустов А.И. 21.01-01.66, 21.01-01.68
 Кутькин А.М. 21.01-01.347
 Куценко А. 21.01-01.429
 Кучма И.Г. 21.01-01.359
 Кучмин А.Ю. 21.01-01.342

Л

Лабазова С.П. 21.01-01.514
 Лабутина О.В. 21.01-01.279
 Лаврентьев А.В. 21.01-01.275
 Лавров А.С. 21.01-01.381
 Лаврухин А.С. 21.01-01.506
 Лагута М.В. 21.01-01.65
 Лазутин Л.Л. 21.01-01.494
 Ландер В.Ю. 21.01-01.512
 Лапаев К.А. 21.01-01.350
 Лапин М.В. 21.01-01.299
 Лапшин В.Б. 21.01-01.450
 Ларин А.С. 21.01-01.33
 Ларионов В.М. 21.01-01.378
 Ларионов М.Г. 21.01-01.347
 Латифов Ф.С. 21.01-01.87
 Лбов А.А. 21.01-01.149
 Лебедев А.В. 21.01-01.88,
 21.01-01.104
 Лебедев Н.Г. 21.01-01.20
 Лебедев-Степанов П.В. 21.01-01.107
 Левин К.Е. 21.01-01.250

Легуша Ф.Ф. 21.01-01.139,
 21.01-01.140
 Леднев В.Н. 21.01-01.64
 Леонов В.А. 21.01-01.365
 Леонова А.В. 21.01-01.323
 Лепихова В.А. 21.01-01.310
 Лескова Н.Л. 21.01-01.440
 Лещенко В.С. 21.01-01.499
 Ли Бьён-Чол 21.01-01.418
 Ли В. 21.01-01.390, 21.01-01.394
 Линник Д.А. 21.01-01.218
 Литвин В.Ф. 21.01-01.468
 Литвинов Д.А. 21.01-01.110
 Литвинов С.П. 21.01-01.482
 Лобастов В.Г. 21.01-01.343
 Ловецкий К.П. 21.01-01.211
 Логовская Е.В. 21.01-01.57
 Ломакин Е.В. 21.01-01.96
 Лопес М.М. 21.01-01.103
 Лубянченко А.А. 21.01-01.222
 Лузина Н.П. 21.01-01.305
 Луи У.Ч. 21.01-01.438
 Лукашенко А.Т. 21.01-01.506
 Лупанова А.С. 21.01-01.289
 Лурье С.А. 21.01-01.96
 Лысанов Ю.П. 21.01-01.17К
 Любавин Л.Я. 21.01-01.175
 Ляксо Е.Е. 21.01-01.281,
 21.01-01.282
 Лямкин В.А. 21.01-01.113
 Ляшенко Н.В. 21.01-01.310

М

Магеррамов Я.М. 21.01-01.519
 Мазаева Е.Д. 21.01-01.508
 Майкапар Н.О. 21.01-01.355
 Макаров Г.А. 21.01-01.496
 Макарова Д.Н. 21.01-01.114
 Макашов С.Ю. 21.01-01.198
 Макгрегор М. 21.01-01.437
 Максимов А.О. 21.01-01.101
 Макушевич И.В. 21.01-01.291
 Малетин А.Н. 21.01-01.78
 Маликов З.М. 21.01-01.62
 Мальгин Е.А. 21.01-01.502
 Малыхин А.Ю. 21.01-01.159
 Малышев С.А. 21.01-01.352
 Мальгин А.С. 21.01-01.513
 Малькова М.Ю. 21.01-01.318
 Мамедов С.Г. 21.01-01.515
 Мамедов Т.Дж. 21.01-01.336
 Маммадова У.Ф. 21.01-01.451
 Манаков А.Ю. 21.01-01.70
 Манульчев Д.С. 21.01-01.156
 Манцевич С.Н. 21.01-01.122
 Маркитантов М.В. 21.01-01.278
 Марковников Н.М. 21.01-01.230
 Маркус Х. 21.01-01.21
 Марсаков В.А. 21.01-01.408
 Марунин М.В. 21.01-01.123,
 21.01-01.124
 Марущак А.С. 21.01-01.309
 Марфин Е.А. 21.01-01.141
 Мархотин А.А. 21.01-01.266
 Маршалов Д.А. 21.01-01.353,
 21.01-01.360, 21.01-01.394
 Маслов В.Л. 21.01-01.139
 Матвеев А.Н. 21.01-01.177
 Матвеев О.В. 21.01-01.119
 Матвеев Ю.Н. 21.01-01.242,
 21.01-01.247, 21.01-01.254
 Матвеев Л.И. 21.01-01.351,
 21.01-01.461
 Махмалатиф А. 21.01-01.136,

21.01-01.137
 Махмудов М.Д. 21.01-01.362
 Машукова О.В. 21.01-01.51
 Медведев Д.С. 21.01-01.269
 Медведев И.В. 21.01-01.171
 Меденников И.П. 21.01-01.261,
 21.01-01.263
 Медяников В.О. 21.01-01.344
 Мельников А.Е. 21.01-01.358
 Метлова Н.В. 21.01-01.410
 Мигель И.А. 21.01-01.66, 21.01-01.68
 Микитчук К.Б. 21.01-01.352
 Микушев В.М. 21.01-01.118
 Минаев П.Ю. 21.01-01.508
 Минасян А.М. 21.01-01.297
 Миниккулов Н.Х. 21.01-01.481,
 21.01-01.485
 Минлигареев В.Т. 21.01-01.446
 Миронов В.А. 21.01-01.120
 Миронова С.М. 21.01-01.372
 Митрикас В.В. 21.01-01.368
 Митрайкин В.И. 21.01-01.203
 Митько В.Б. 21.01-01.18К
 Митюрчик Г.С. 21.01-01.126
 Михайлова В.А. 21.01-01.20
 Михайлова Е.А. 21.01-01.20
 Михалевич В.Г. 21.01-01.125
 Михеев М.В. 21.01-01.76
 Мовсесян Т.А. 21.01-01.401
 Мойсеев А.В. 21.01-01.395,
 21.01-01.402, 21.01-01.412
 Мойсеева А.В. 21.01-01.406,
 21.01-01.407
 Молотов И.Е. 21.01-01.508
 Монич Д.В. 21.01-01.215
 Моргунова С.Н. 21.01-01.487
 Морозова М.А. 21.01-01.119
 Моро-Мартин А. 21.01-01.441
 Мосейко Е.С. 21.01-01.315
 Москвитин А.С. 21.01-01.424
 Московец М.Е. 21.01-01.217
 Моторин Е.А. 21.01-01.134
 Мошков П.А. 21.01-01.200,
 21.01-01.202
 Мубассарова В.А. 21.01-01.301
 Муллакаев М.С. 21.01-01.206
 Муллакаев Р.М. 21.01-01.206
 Мулло-Абдолов А.Ш. 21.01-01.484
 Муминов Х.Х. 21.01-01.34
 Муравьев С.И. 21.01-01.220
 Муравьева О.В. 21.01-01.311
 Мурзинов В.Л. 21.01-01.225
 Мурзинов П.В. 21.01-01.225
 Мурзинов Ю.В. 21.01-01.225
 Муромцев Д.И. 21.01-01.269
 Мухачева И.Э. 21.01-01.472
 Муякшин С.И. 21.01-01.81
 Мясников Е.Н. 21.01-01.343

Н

Назаренко А.Ф. 21.01-01.419
 Назаров С.А. 21.01-01.50
 Назаров Ф.Х. 21.01-01.62
 Наумчик И.В. 21.01-01.295
 Невенчанная Т.О. 21.01-01.322
 Невлюдов И.Ш. 21.01-01.253
 Недбай А.И. 21.01-01.145,
 21.01-01.146
 Недбай А.Я. 21.01-01.83
 Некрасов А.К. 21.01-01.491
 Немировский А.Е. 21.01-01.321
 Нестеров А.В. 21.01-01.313
 Нестеров В.А. 21.01-01.152,
 21.01-01.153, 21.01-01.154,

21.01-01.207
Нечаюк В.Е. 21.01-01.171
Нешенко И.П. 21.01-01.291
Низамов С.В. 21.01-01.286
Низомов Д.Н. 21.01-01.314
Никитенко А.Н. 21.01-01.134
Никитов С.А. 21.01-01.119
Николаев А.С. 21.01-01.281
Николаев Д.А. 21.01-01.44,
21.01-01.67, 21.01-01.132
Николенко А.Д. 21.01-01.446
Николенко И.В. 21.01-01.484
Никольская Т.С. 21.01-01.304
Никущенко Д.В. 21.01-01.140
Новик А.А. 21.01-01.149
Номоев А.В. 21.01-01.115
Носов Е.В. 21.01-01.357,
21.01-01.360, 21.01-01.363
Носова А.В. 21.01-01.57, 21.01-01.235
Нотердам П. 21.01-01.501
Нугманов И.И. 21.01-01.430
Нусинов А.А. 21.01-01.446

О

Обрубков Ю.В. 21.01-01.480
Огородникова Е.А. 21.01-01.279
Одина Н.И. 21.01-01.108
Одинокоев В.И. 21.01-01.332
Ожогина О.А. 21.01-01.490
Озерский А.М. 21.01-01.74
Олейник А.Л. 21.01-01.259
Олейников А.Ю. 21.01-01.222
Ольшанский В.И. 21.01-01.309
Онегин М.С. 21.01-01.113
Опарин Д.В. 21.01-01.412
Опейкина Л.В. 21.01-01.411
Орда-Жигулина Д.В. 21.01-01.130
Орескес Н. 21.01-01.25
Орешко В.В. 21.01-01.350
Орлов В.В. 21.01-01.468
Орлов П.С. 21.01-01.312
Орлов Ю.А. 21.01-01.71
Остапенко В.В. 21.01-01.37
Остриков Н.Н. 21.01-01.200,
21.01-01.208
Островский Д.Б. 21.01-01.100
Очиров Б.Д. 21.01-01.114

П

Павлов Д.А. 21.01-01.387
Павловский В.А. 21.01-01.165
Пак С.П. 21.01-01.279
Палташев Т.Т. 21.01-01.239
Панек Р. 21.01-01.435
Панова Е.А. 21.01-01.250
Пантелеев И.А. 21.01-01.301
Паньшин Е.А. 21.01-01.446
Папкова Ю.И. 21.01-01.155
Парахонский А.Л. 21.01-01.184
Парфенов В.А. 21.01-01.120
Пархомов В.А. 21.01-01.492
Пасынков В.В. 21.01-01.373
Пасынок С.Л. 21.01-01.361,
21.01-01.396
Пась О.В. 21.01-01.298
Пафнугтев А.А. 21.01-01.368
Пензина А.И. 21.01-01.303
Пенских Ю.В. 21.01-01.497
Перейра Ф. 21.01-01.120
Перельгин С.В. 21.01-01.283
Перепелицын А.Е. 21.01-01.395
Перепелкин В.Г. 21.01-01.182,
21.01-01.183

Пересёлков С.А. 21.01-01.56,
21.01-01.159, 21.01-01.160
Перник А.Д. 21.01-01.13К
Перцов А.А. 21.01-01.446
Першин С.М. 21.01-01.64
Пестова П.А. 21.01-01.271
Петерова Н.Г. 21.01-01.341
Петижан П. 21.01-01.501
Петров А.А. 21.01-01.204
Петров В.В. 21.01-01.344
Петров Г.Ю. 21.01-01.241
Петров Д. 21.01-01.428
Петров П. 21.01-01.425
Петров С.В. 21.01-01.120
Петров С.К. 21.01-01.222
Петрова О.С. 21.01-01.250
Петросян А.С. 21.01-01.335
Петросян С.А. 21.01-01.67
Пигарев И.Н. 21.01-01.286
Пилипенко В.А. 21.01-01.491
Пилипенко С.В. 21.01-01.415
Пильник А.А. 21.01-01.89
Пин Д. 21.01-01.390, 21.01-01.391,
21.01-01.394
Пинаев Ю.В. 21.01-01.72
Пирозерский А.Л. 21.01-01.145
Питьев Н.П. 21.01-01.387
Питьева Е.В. 21.01-01.387,
21.01-01.456, 21.01-01.470,
21.01-01.473
Пиуновский Е.В. 21.01-01.238,
21.01-01.240
Пичугин К.А. 21.01-01.86
Платунов А.В. 21.01-01.311
Плетнев О.Н. 21.01-01.48
Плотицын А.А. 21.01-01.479
Плотников М.Ю. 21.01-01.76,
21.01-01.133
Плотникова М.Ю. 21.01-01.174
Подрыга В.О. 21.01-01.331
Пожар В.Э. 21.01-01.122
Позаненко А.С. 21.01-01.508
Поздняков И.А. 21.01-01.345
Поликарпова Н.В. 21.01-01.123,
21.01-01.124
Полищук П.В. 21.01-01.167
Половинка Ю.А. 21.01-01.101
Половников В.И. 21.01-01.476
Польняков Н.А. 21.01-01.199
Поляков С.А. 21.01-01.316
Поляков С.В. 21.01-01.331
Полякова Г.Д. 21.01-01.468
Пономарчук Е.М. 21.01-01.131
Попов О.Е. 21.01-01.166,
21.01-01.182, 21.01-01.183,
21.01-01.291
Попов Ю.Н. 21.01-01.139,
21.01-01.140
Попова С.В. 21.01-01.251
Поройков С.Ю. 21.01-01.452,
21.01-01.453, 21.01-01.454,
21.01-01.455
Постнов К.А. 21.01-01.512
Потанин С.А. 21.01-01.512
Преснов Д.А. 21.01-01.209
Продан Н.В. 21.01-01.185,
21.01-01.188
Просовецкий Д.Ю. 21.01-01.56
Пугачев С.И. 21.01-01.138
Пятунина Т.Б. 21.01-01.472

Р

Рабинский Л.Н. 21.01-01.96
Раев А.Н. 21.01-01.242

Разрезова К.В. 21.01-01.138
Рамазанова А.Т. 21.01-01.97
Рахими Ф. 21.01-01.484
Рахимов И.А. 21.01-01.339,
21.01-01.346, 21.01-01.378
Рева И.В. 21.01-01.508
Репин А.Ю. 21.01-01.450
Речкин А.И. 21.01-01.51
Рис Мартин 21.01-01.24
Рихвицкий В.С. 21.01-01.523,
21.01-01.524
Рогозинский Г.Г. 21.01-01.229,
21.01-01.266
Родинков С.А. 21.01-01.236
Родионов А.А. 21.01-01.163
Рождественский К.В. 21.01-01.168
Романенко В.П. 21.01-01.424
Романюк И.И. 21.01-01.407,
21.01-01.420
Рожин А.Л. 21.01-01.264
Росницкий П.Б. 21.01-01.52,
21.01-01.53
Рубановский В.В. 21.01-01.202
Руденко А.И. 21.01-01.39
Руденко В.В. 21.01-01.69
Румянцев В.В. 21.01-01.508
Румянцев К.А. 21.01-01.85
Руссков А.А. 21.01-01.324
Рухман А.А. 21.01-01.103
Рыбин С.В. 21.01-01.270
Рыжов В.А. 21.01-01.168
Рысев Д.С. 21.01-01.311
Рытов Е.Ю. 21.01-01.58,
21.01-01.140
Рябоус А.Ю. 21.01-01.310

С

Сабитов К.Б. 21.01-01.32
Саванов И.С. 21.01-01.511
Саввин А.Д. 21.01-01.512
Савельев Н.В. 21.01-01.163
Савенко О.А. 21.01-01.107
Савушкин А. 21.01-01.428
Савченко В.В. 21.01-01.285
Садовников А.В. 21.01-01.119
Садыгова Н.Э. 21.01-01.73
Сазанков С.В. 21.01-01.347
Сазонов К.Е. 21.01-01.162
Сазонтов А.Г. 21.01-01.55
Сакович С.Ю. 21.01-01.164
Салах А.А. 21.01-01.265
Салихов Т.Х. 21.01-01.135,
21.01-01.136, 21.01-01.137
Салтыков А.А. 21.01-01.206
Салтыков Ю.А. 21.01-01.206
Сальников А.И. 21.01-01.379
Самедов З.А. 21.01-01.516
Самохин В.Ф. 21.01-01.200
Сан Д. 21.01-01.390, 21.01-01.394
Сапожников О.А. 21.01-01.44,
21.01-01.67, 21.01-01.120,
21.01-01.131, 21.01-01.132
Сапронов Ю.И. 21.01-01.63,
21.01-01.338
Сапрыкин О.А. 21.01-01.521
Сархадов И. 21.01-01.34
Саттаров М.А. 21.01-01.35
Сафаров А.Г. 21.01-01.483
Саха Б. 21.01-01.523, 21.01-01.524
Сахно И.В. 21.01-01.385
Сачков М.Ю. 21.01-01.224
Свердлин Г.М. 21.01-01.16К
Свет В.Д. 21.01-01.67
Свешников М.Л. 21.01-01.457

Свиридов А.В. 21.01-01.332
 Севастьянов Л.А. 21.01-01.211
 Селезнев А.Ф. 21.01-01.416
 Семенёв П.А. 21.01-01.199
 Семенко Е.А. 21.01-01.407
 Семенко Р.Е. 21.01-01.36
 Семёнов А.П. 21.01-01.128
 Семенов А.П. 21.01-01.129,
 21.01-01.147
 Семенова Е.Б. 21.01-01.86
 Серавина Т.В. 21.01-01.396
 Сергеев В.А. 21.01-01.143,
 21.01-01.144
 Сергеев Д.С. 21.01-01.307,
 21.01-01.308
 Сергиенко В.П. 21.01-01.126
 Серебров А.П. 21.01-01.113
 Серебряный А.Н. 21.01-01.166,
 21.01-01.291
 Серков Н.А. 21.01-01.298
 Сеферян А.Е. 21.01-01.313
 Сидоренко В.С. 21.01-01.79
 Сидоренков Д.С. 21.01-01.355
 Сидоров К.В. 21.01-01.245
 Сиек Ю.Л. 21.01-01.164
 Силаева О.Л. 21.01-01.290
 Силаков М.И. 21.01-01.51
 Симаков И.Г. 21.01-01.106
 Симоненко Е.П. 21.01-01.440
 Симончик К.К. 21.01-01.248
 Сиротюк М.Г. 21.01-01.3К
 Ситдинов В.М. 21.01-01.287
 Скобова Н.В. 21.01-01.317
 Скорубский В.И. 21.01-01.294
 Скоурлас К. 21.01-01.256
 Скурихина Е.А. 21.01-01.372
 Скунтицкий В.М. 21.01-01.476
 Сливин А.Н. 21.01-01.152
 Смирнов А.В. 21.01-01.127,
 21.01-01.468
 Смирнов А.И. 21.01-01.347
 Смирнов В.В. 21.01-01.220
 Смирнов И.П. 21.01-01.55
 Смирнов С.А. 21.01-01.1К
 Смирнова К.И. 21.01-01.402
 Смирнова О.И. 21.01-01.145
 Смольников А.В. 21.01-01.168
 Соколов В.В. 21.01-01.400
 Соколов В.Н. 21.01-01.487
 Соколов И.В. 21.01-01.400
 Соколова А.Н. 21.01-01.284
 Солдатов С.К. 21.01-01.223
 Соловьев А.А. 21.01-01.504
 Соловьев И.В. 21.01-01.487
 Соловьев М.В. 21.01-01.213
 Солодчук А.А. 21.01-01.205
 Соломенник А.И. 21.01-01.252
 Соляев Ю.О. 21.01-01.96
 Соцкая И.М. 21.01-01.312
 Спыну С.Ф. 21.01-01.269
 Стародубцев С.А. 21.01-01.493
 Старченко И.Б. 21.01-01.130
 Степанова К.А. 21.01-01.295
 Степко А.С. 21.01-01.107
 Столбов М.Б. 21.01-01.246,
 21.01-01.258, 21.01-01.267,
 21.01-01.268
 Столярова Э.И. 21.01-01.279
 Стрельцов В.Н. 21.01-01.125
 Стрельцов Е.В. 21.01-01.201
 Стрижак В.А. 21.01-01.46
 Строганов А.И. 21.01-01.202
 Стырикович И.И. 21.01-01.169
 Стэмповский В.Г. 21.01-01.376
 Суворин Д.И. 21.01-01.347

Суворова А.В. 21.01-01.492
 Суржииков С.Т. 21.01-01.142
 Сури К. 21.01-01.299
 Суслев В.Д. 21.01-01.293
 Суслева О.В. 21.01-01.112
 Сыралёва М.Н. 21.01-01.333

Т

Тавров А.В. 21.01-01.423
 Тайбин Б.З. 21.01-01.468
 Таиров М.М. 21.01-01.515
 Таланов А.О. 21.01-01.252
 Тампель И.Б. 21.01-01.250,
 21.01-01.260
 Тарасюк Ю.Ф. 21.01-01.29,
 21.01-01.167
 Татаренко Е.И. 21.01-01.168
 Татарнинова Ю.В. 21.01-01.225
 Татарников А.М. 21.01-01.512
 Таубин А.Г. 21.01-01.85
 Телятник С.Г. 21.01-01.144
 Теплых А.А. 21.01-01.128,
 21.01-01.129, 21.01-01.147,
 21.01-01.148
 Терентьев С.А. 21.01-01.153
 Тертишников П.П. 21.01-01.153
 Тертышников А.В. 21.01-01.431
 Тимербулатов Ш.В. 21.01-01.274
 Титов Ю.Н. 21.01-01.234
 Тихомиров Ю.В. 21.01-01.344
 Тихонов Н.А. 21.01-01.414
 Ткачев А.Л. 21.01-01.75
 Ткаченко С.А. 21.01-01.160
 Томашенко Н.А. 21.01-01.257
 Томилин М.Г. 21.01-01.306
 Томинага Н. 21.01-01.508
 Топорков И.С. 21.01-01.385
 Топчий А.Ю. 21.01-01.313
 Топчило Н.А. 21.01-01.341
 Трапезникова М.А. 21.01-01.329
 Тржасковская М.Б. 21.01-01.354
 Тропченко А.А. 21.01-01.238
 Тукмаков Д.А. 21.01-01.59,
 21.01-01.193
 Тукмакова Н.А. 21.01-01.193
 Турова И.П. 21.01-01.490
 Турчин П.П. 21.01-01.48
 Тхе Куан Чонг 21.01-01.267

У

Уинкс Б. 21.01-01.444
 Укленн Р.И. 21.01-01.502
 Уолш Р. 21.01-01.229, 21.01-01.266
 Упырев В.В. 21.01-01.188,
 21.01-01.189
 Устинов К.Б. 21.01-01.301

Ф

Фабрика С.Н. 21.01-01.405
 Фадеев Ю.А. 21.01-01.503
 Фазилова Д.Ш. 21.01-01.362
 Файзуллаева О.Н. 21.01-01.253
 Фатхуллин Т.А. 21.01-01.409
 Федин К.В. 21.01-01.71
 Федоров А.В. 21.01-01.307,
 21.01-01.308
 Федотов Г.А. 21.01-01.180
 Федотов Л.В. 21.01-01.369
 Федотова М.А. 21.01-01.335
 Филатова Н.Н. 21.01-01.245
 Филиппов Г.С. 21.01-01.302
 Фоминов И.В. 21.01-01.78

Фортенберри Р. 21.01-01.436
 Фортов В. 21.01-01.26
 Фролова О.В. 21.01-01.281,
 21.01-01.282
 Фурсяк М. 21.01-01.427
 Фурсяк Ю. 21.01-01.429

Х

Хабаров С.Э. 21.01-01.81
 Хаврошкин О.Б. 21.01-01.432
 Хавский Н.Н. 21.01-01.14К
 Хаитов Т.И. 21.01-01.327
 Хакимов А.Г. 21.01-01.274
 Халилов А.М. 21.01-01.519
 Халилов Э.Г. 21.01-01.90
 Халиулин В.И. 21.01-01.203
 Хамроев У.Х. 21.01-01.482,
 21.01-01.484, 21.01-01.486
 Хан Инву 21.01-01.418
 Хан С. 21.01-01.390, 21.01-01.391
 Ханков С.И. 21.01-01.294
 Хантер К. 21.01-01.131
 Хатанзейская М.А. 21.01-01.78
 Хвостов Е.Ю. 21.01-01.345,
 21.01-01.367
 Хесуани Ю.Д. 21.01-01.120
 Хлопков Е.А. 21.01-01.220
 Хлыстова А.И. 21.01-01.489
 Хмелев В.Н. 21.01-01.151,
 21.01-01.152, 21.01-01.153,
 21.01-01.154, 21.01-01.207
 Хмелев М.В. 21.01-01.151
 Ходжаев Ю.П. 21.01-01.135,
 21.01-01.136, 21.01-01.137
 Холов А. 21.01-01.34
 Холтыгин А.Ф. 21.01-01.405,
 21.01-01.406
 Хорин И.А. 21.01-01.72
 Хоружников С.Э. 21.01-01.256
 Хохлова В.А. 21.01-01.52,
 21.01-01.53, 21.01-01.102,
 21.01-01.131, 21.01-01.271
 Хохлова Т.Д. 21.01-01.52,
 21.01-01.131
 Хубриг С. 21.01-01.406
 Хужина Я. 21.01-01.442

Ц

Царев С.Л. 21.01-01.338
 Царук А.А. 21.01-01.339,
 21.01-01.352, 21.01-01.367,
 21.01-01.374, 21.01-01.375
 Циопа О.А. 21.01-01.405
 Цукерников И.Е. 21.01-01.322
 Цыба Е.Н. 21.01-01.361, 21.01-01.396
 Цыганок С.Н. 21.01-01.151,
 21.01-01.207
 Цыдыпов Ш.Б. 21.01-01.91
 Цыплаков В.В. 21.01-01.432
 Цысарь С.А. 21.01-01.44, 21.01-01.67,
 21.01-01.120, 21.01-01.132

Ч

Чарная Е.В. 21.01-01.118
 Человеков И.В. 21.01-01.508
 Чемоданов М.Н. 21.01-01.158
 Чен Л. 21.01-01.390
 Черезов М.И. 21.01-01.60
 Черепащук А.М. 21.01-01.512
 Черепенин В.А. 21.01-01.72
 Черненко В.И. 21.01-01.315
 Черненков В.Н. 21.01-01.411

Чернетенко Ю.А. 21.01-01.364,
21.01-01.388, 21.01-01.397,
21.01-01.398, 21.01-01.421
Черников И.В. 21.01-01.176
Чернов А.А. 21.01-01.89
Чернов В.В. 21.01-01.81,
21.01-01.110
Чернов В.К. 21.01-01.345
Чернов Н.Н. 21.01-01.65
Черный Е.В. 21.01-01.229
Черный Р.А. 21.01-01.347
Черных В.В. 21.01-01.216
Черясов Д.В. 21.01-01.512
Честнов Д.Н. 21.01-01.508
Чечина А.А. 21.01-01.329
Чешев М.Е. 21.01-01.319,
21.01-01.320
Чжан В. 21.01-01.390
Чжан Д. 21.01-01.390
Чжан М. 21.01-01.399
Чжонг Гуануй 21.01-01.418
Чибишев Н.Н. 21.01-01.310
Чиж А.Л. 21.01-01.352
Чижов В.Ю. 21.01-01.139
Чижов Г.В. 21.01-01.138
Чикуров Н.Г. 21.01-01.330
Чилингарян И.В. 21.01-01.512
Чистиков П.Г. 21.01-01.244,
21.01-01.252
Чистов С.Д. 21.01-01.223
Чонг Тхе Куан 21.01-01.268
Чудаев С.О. 21.01-01.498
Чудновский В.М. 21.01-01.89
Чуков В.Н. 21.01-01.45
Чумаков В. 21.01-01.26, 21.01-01.439
Чунчузов И.П. 21.01-01.182,
21.01-01.183
Чупова Д.Д. 21.01-01.53
Чураев С.О. 21.01-01.239
Чурбанова Н.Г. 21.01-01.329

Ш

Шабловинская Е.С. 21.01-01.502

Шабловский О.Н. 21.01-01.38
Шабров С.А. 21.01-01.30
Шалаева М.Б. 21.01-01.231
Шалунов А.В. 21.01-01.152,
21.01-01.153, 21.01-01.154
Шапарь А.В. 21.01-01.210
Шарина М.Е. 21.01-01.403,
21.01-01.415
Шарков В.С. 21.01-01.353
Шарков И.А. 21.01-01.133
Шарф К. 21.01-01.434
Шарфарец Б.П. 21.01-01.143,
21.01-01.144
Шаршак А.А. 21.01-01.79
Шатский М.А. 21.01-01.487
Шатский Н.И. 21.01-01.512
Шевцов Н.И. 21.01-01.301
Шевцова О.Д. 21.01-01.145
Шевченко И.И. 21.01-01.507
Шевченко Н.Н. 21.01-01.107
Шейнман Ю.С. 21.01-01.363
Шелдакова Ю.В. 21.01-01.422
Шелехов А.П. 21.01-01.376
Шелехова Е.А. 21.01-01.376
Шергин В.С. 21.01-01.424
Шиканов А.Е. 21.01-01.103
Шиманская Н.Н. 21.01-01.403
Шиманский В.В. 21.01-01.403
Ширгина Н.В. 21.01-01.108
Шириев А.И. 21.01-01.219
Широков С.И. 21.01-01.400
Шишкин А.М. 21.01-01.376
Шишкина В.В. 21.01-01.344
Шкарин К.В. 21.01-01.299
Шкода В.В. 21.01-01.79
Шматков В.Н. 21.01-01.269
Шмырков О.В. 21.01-01.98
Шолохов А.В. 21.01-01.243,
21.01-01.254, 21.01-01.257,
21.01-01.262
Шор В.А. 21.01-01.364
Шриананд Р. 21.01-01.501
Шубин И.Л. 21.01-01.322
Шугаров С.Ю. 21.01-01.410

Шуклин Ф.А. 21.01-01.76,
21.01-01.134
Шулипа А.К. 21.01-01.247

Щ

Щекочихин А.В. 21.01-01.229
Щербаков Н.В. 21.01-01.384
Щербакова Н.В. 21.01-01.356
Щербань В.Л. 21.01-01.334
Щербина А.О. 21.01-01.205
Щесняк Е.Л. 21.01-01.211
Щиржецкий А.Х. 21.01-01.227
Щиржецкий Х.А. 21.01-01.227

Э

Эбауэр К.В. 21.01-01.371
Энгелькамп Х. 21.01-01.120

Ю

Юдин С.Г. 21.01-01.127
Юлдашев П.В. 21.01-01.52,
21.01-01.102, 21.01-01.271
Юсифов М.З. 21.01-01.87
Юсупова А.Ю. 21.01-01.224
Юша А.М. 21.01-01.146

Я

Ягудина Е.И. 21.01-01.475
Ягудина Э.И. 21.01-01.353,
21.01-01.456
Якимец А.Л. 21.01-01.20
Яковлев В.А. 21.01-01.172,
21.01-01.173, 21.01-01.379
Яковлев Г.В. 21.01-01.1К
Якунин И.А. 21.01-01.406,
21.01-01.407, 21.01-01.418,
21.01-01.423
Ян Й. 21.01-01.390
Ясинская Н.Н. 21.01-01.317

УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

Журналы

- Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (ранее Вестник РУДН. Серии Математика. Информатика. Физика). 2019. 27, № 1 **21.01-01.41**
- Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (ранее Вестник РУДН. Серии Математика. Информатика. Физика). 2019. 27, № 2 **21.01-01.211**
- Discrete and Continuous Models and Applied Computational Science (ранее Вестник РУДН. Серии Математика. Информатика. Физика). 2020. 28, № 2 **21.01-01.523, 21.01-01.524**
- Авиакосмическое приборостроение. 2020. 24, № 11 **21.01-01.78**
- Авиакосмическое приборостроение. 2020. 24, № 12 **21.01-01.487, 21.01-01.488**
- Автоматизация и современные технологии. 2020, № 7 **21.01-01.312**
- Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 3 **21.01-01.400, 21.01-01.401, 21.01-01.402, 21.01-01.403, 21.01-01.404, 21.01-01.405, 21.01-01.406, 21.01-01.407, 21.01-01.408, 21.01-01.409, 21.01-01.410, 21.01-01.411**
- Астрофизический бюллетень. 2020. 75, № 4 **21.01-01.412, 21.01-01.413, 21.01-01.414, 21.01-01.415, 21.01-01.416, 21.01-01.417, 21.01-01.418, 21.01-01.419, 21.01-01.420, 21.01-01.421, 21.01-01.422, 21.01-01.423, 21.01-01.424**
- Безопасность жизнедеятельности. 2019, № 5 **21.01-01.223**
- Безопасность жизнедеятельности. 2019, № 10 **21.01-01.80**
- Безопасность жизнедеятельности. 2019, № 12 **21.01-01.310**
- Безопасность жизнедеятельности. 2020, № 2 **21.01-01.222**
- Безопасность жизнедеятельности. 2020, № 11 **21.01-01.225**
- В мире науки. 2020, № 1-2 **21.01-01.443, 21.01-01.444, 21.01-01.445**
- В мире науки. 2020, № 3 **21.01-01.434**
- В мире науки. 2020, № 4-5 **21.01-01.435, 21.01-01.436**
- В мире науки. 2020, № 7 **21.01-01.303**
- В мире науки. 2020, № 8-9 **21.01-01.437, 21.01-01.438, 21.01-01.439**
- В мире науки. 2020, № 11 **21.01-01.21, 21.01-01.22, 21.01-01.23, 21.01-01.24, 21.01-01.25, 21.01-01.26, 21.01-01.440**
- В мире науки. 2020, № 12 **21.01-01.441, 21.01-01.442**
- Вестн. Белор.-Рос. унив. 2020, № 2 **21.01-01.218**
- Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2019, № 4 **21.01-01.284**
- Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2020, № 1 **21.01-01.121, 21.01-01.193**
- Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2020, № 2 **21.01-01.79**
- Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 1 **21.01-01.87, 21.01-01.90, 21.01-01.195**
- Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 2 **21.01-01.97**
- Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 3 **21.01-01.40, 21.01-01.219, 21.01-01.336, 21.01-01.515**
- Вестник Бакинского ун-та. Сер. физ.-мат. н. 2015, № 4 **21.01-01.94, 21.01-01.516, 21.01-01.517, 21.01-01.518, 21.01-01.519**
- Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки. 2018, № 4 **21.01-01.38**
- Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки. 2019, № 1 **21.01-01.59**
- Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки. 2020, № 1 **21.01-01.39, 21.01-01.334**
- Вестник Бурятского гос. ун-та. 2019, № 2-3 **21.01-01.115**
- Вестник Бурятского гос. ун-та. 2019, № 4 **21.01-01.91**
- Вестник Витебского государственного технологического университета. 2019, № 2 **21.01-01.309, 21.01-01.317**
- Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2000, № 1 **21.01-01.337, 21.01-01.520**
- Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2020, № 1 **21.01-01.63, 21.01-01.338**
- Вестник Воронежского гос. ун-та. Сер. Физика. Математика. 2020, № 2 **21.01-01.30**
- Вестник Ижевского гос. технич. ун-та. 2020. 23, № 2 **21.01-01.46, 21.01-01.311**
- Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2019. 19, № 8 **21.01-01.319, 21.01-01.320**
- Вестник Кыргызско-Российского Славянского ун-та. 2020. 20, № 8 **21.01-01.194**
- Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2020, № 6 **21.01-01.522**
- Вестник Московского авиац. ин-та. 2020. 27, № 3 **21.01-01.201, 21.01-01.202, 21.01-01.203**
- Вестник Московского авиац. ин-та. 2020. 27, № 4 **21.01-01.521**
- Вестник Мурманского гос. технич. ун-та. 2020. 23, № 4 **21.01-01.321**
- Вестник научно-технического развития. 2020, № 8 **21.01-01.316**
- Вестник научно-технического развития. 2020, № 9 **21.01-01.298**
- Вестник научно-технического развития. 2020, № 10 **21.01-01.86**
- Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2019. 20, № 1 **21.01-01.318**
- Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2019. 20, № 2 **21.01-01.299**
- Гелиогеофизические исследования. 2020, № 26 **21.01-01.446**
- Гелиогеофизические исследования. 2020, № 27 **21.01-01.447**
- Гелиогеофизические исследования. 2020, № 28 **21.01-01.448, 21.01-01.449, 21.01-01.450, 21.01-01.451**
- Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2020. 495, № 1 **21.01-01.31, 21.01-01.50, 21.01-01.72, 21.01-01.83, 21.01-01.89, 21.01-01.96, 21.01-01.98, 21.01-01.105, 21.01-01.107, 21.01-01.142, 21.01-01.162, 21.01-01.301, 21.01-01.302, 21.01-01.324, 21.01-01.325, 21.01-01.430**
- Ж. эксперим. и теор. физ. 2017. 152, № 5 **21.01-01.513**
- Ж. эксперим. и теор. физ. 2020. 158, № 4 **21.01-01.514**
- Ж. эксперим. и теор. физ. 2020. 158, № 5 **21.01-01.112**
- Ж. эксперим. и теор. физ. 2020. 158, № 6 **21.01-01.335**
- Журнал естественнонаучных исследований. 2020. 5, № 1 **21.01-01.452**
- Журнал естественнонаучных исследований. 2020. 5, № 2 **21.01-01.453**
- Журнал естественнонаучных исследований. 2020. 5, № 3 **21.01-01.454**
- Журнал естественнонаучных исследований. 2020. 5, № 4 **21.01-01.455**
- Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2013, № 3 **21.01-01.84**
- Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2014, № 1 **21.01-01.480**
- Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2015, № 1 **21.01-01.481**
- Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2015, № 3 **21.01-01.314**
- Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2015, № 4 **21.01-01.135, 21.01-01.327, 21.01-01.482, 21.01-01.483**
- Известия АН Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и

- 21.01-01.502, 21.01-01.503, 21.01-01.504, 21.01-01.505, 21.01-01.506, 21.01-01.507
- Письма в Астрон. ж. 2020. 46, № 12 21.01-01.508, 21.01-01.509, 21.01-01.510, 21.01-01.511, 21.01-01.512
- Приборы и методы измерений. 2020. 11, № 4 21.01-01.431
- Прикладная физика и математика. 2020, № 4 21.01-01.432
- Прикладная физика и математика. 2020, № 5 21.01-01.32
- Прикладная физика и математика. 2020, № 6 21.01-01.73, 21.01-01.433
- Солнечно-земная физика. 2020. 6, № 4 21.01-01.489, 21.01-01.490, 21.01-01.491, 21.01-01.492, 21.01-01.493, 21.01-01.494, 21.01-01.495, 21.01-01.496, 21.01-01.497, 21.01-01.498, 21.01-01.499, 21.01-01.500
- Сообщения ИПА РАН. 1988, № 1 21.01-01.464
- Сообщения ИПА РАН. 1989, № 6 21.01-01.465
- Сообщения ИПА РАН. 1989, № 12 21.01-01.466
- Сообщения ИПА РАН. 1990, № 18 21.01-01.467
- Сообщения ИПА РАН. 1990, № 19 21.01-01.468
- Сообщения ИПА РАН. 1990, № 23 21.01-01.469
- Сообщения ИПА РАН. 1992, № 39 21.01-01.470
- Сообщения ИПА РАН. 1992, № 47 21.01-01.471
- Сообщения ИПА РАН. 1994, № 57 21.01-01.472
- Сообщения ИПА РАН. 1995, № 80 21.01-01.473
- Сообщения ИПА РАН. 1995, № 81 21.01-01.27
- Сообщения ИПА РАН. 1995, № 82 21.01-01.28
- Сообщения ИПА РАН. 1996, № 87 21.01-01.474
- Сообщения ИПА РАН. 1996, № 91 21.01-01.475
- Сообщения ИПА РАН. 1999, № 129 21.01-01.476
- Сообщения ИПА РАН. 1999, № 131 21.01-01.477
- Сообщения ИПА РАН. 2000, № 136 21.01-01.478
- Сообщения ИПА РАН. 2001, № 138 21.01-01.463
- Сообщения ИПА РАН. 2001, № 139 21.01-01.456
- Сообщения ИПА РАН. 2001, № 140 21.01-01.457
- Сообщения ИПА РАН. 2002, № 147 21.01-01.458
- Сообщения ИПА РАН. 2003, № 152 21.01-01.459
- Сообщения ИПА РАН. 2003, № 154 21.01-01.460
- Сообщения ИПА РАН. 2007, № 176 21.01-01.461
- Сообщения ИПА РАН. 2010, № 184 21.01-01.462

Конференции и сборники

- Труды 9 Всероссийской конференции "Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». СПбНЦ РАН, 27–29 мая 2008 г. СПб.: Наука. Ленинградское отд. 2008 21.01-01.169
- Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020 21.01-01.19, 21.01-01.44, 21.01-01.45, 21.01-01.47, 21.01-01.48, 21.01-01.49, 21.01-01.51, 21.01-01.52, 21.01-01.53, 21.01-01.54, 21.01-01.55, 21.01-01.56, 21.01-01.60, 21.01-01.61, 21.01-01.64, 21.01-01.65, 21.01-01.66, 21.01-01.67, 21.01-01.68, 21.01-01.69, 21.01-01.70, 21.01-01.71, 21.01-01.81, 21.01-01.82, 21.01-01.88, 21.01-01.92, 21.01-01.93, 21.01-01.100, 21.01-01.101, 21.01-01.102, 21.01-01.103, 21.01-01.104, 21.01-01.106, 21.01-01.108, 21.01-01.110, 21.01-01.111, 21.01-01.114, 21.01-01.116, 21.01-01.117, 21.01-01.118, 21.01-01.119, 21.01-01.120, 21.01-01.122, 21.01-01.123, 21.01-01.124, 21.01-01.125, 21.01-01.126, 21.01-01.127, 21.01-01.128, 21.01-01.129, 21.01-01.130, 21.01-01.131, 21.01-01.132, 21.01-01.138, 21.01-01.139, 21.01-01.140, 21.01-01.141, 21.01-01.143, 21.01-01.144, 21.01-01.145, 21.01-01.146, 21.01-01.147, 21.01-01.148, 21.01-01.149, 21.01-01.150, 21.01-01.151, 21.01-01.152, 21.01-01.153, 21.01-01.154, 21.01-01.155, 21.01-01.156, 21.01-01.157, 21.01-01.159, 21.01-01.160, 21.01-01.161, 21.01-01.163, 21.01-01.166, 21.01-01.170, 21.01-01.171, 21.01-01.175, 21.01-01.176, 21.01-01.177, 21.01-01.182, 21.01-01.183, 21.01-01.184, 21.01-01.196, 21.01-01.197, 21.01-01.198, 21.01-01.199, 21.01-01.200, 21.01-01.204, 21.01-01.205, 21.01-01.206, 21.01-01.207, 21.01-01.208, 21.01-01.209, 21.01-01.212, 21.01-01.213, 21.01-01.214, 21.01-01.215, 21.01-01.216, 21.01-01.217, 21.01-01.220, 21.01-01.226, 21.01-01.227, 21.01-01.228, 21.01-01.230, 21.01-01.271, 21.01-01.272, 21.01-01.273, 21.01-01.274, 21.01-01.275, 21.01-01.276, 21.01-01.277, 21.01-01.278, 21.01-01.279, 21.01-01.280, 21.01-01.281, 21.01-01.282, 21.01-01.286, 21.01-01.287, 21.01-01.288, 21.01-01.289, 21.01-01.290, 21.01-01.291, 21.01-01.300, 21.01-01.322
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019 21.01-01.339, 21.01-01.340, 21.01-01.341, 21.01-01.342, 21.01-01.343, 21.01-01.344, 21.01-01.345, 21.01-01.346, 21.01-01.347, 21.01-01.348, 21.01-01.349, 21.01-01.350, 21.01-01.351, 21.01-01.352
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019 21.01-01.353, 21.01-01.354, 21.01-01.355, 21.01-01.356, 21.01-01.357, 21.01-01.358, 21.01-01.359, 21.01-01.360, 21.01-01.361, 21.01-01.362, 21.01-01.363, 21.01-01.364
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019 21.01-01.365, 21.01-01.366, 21.01-01.367, 21.01-01.368, 21.01-01.369, 21.01-01.370, 21.01-01.371, 21.01-01.372, 21.01-01.373, 21.01-01.374, 21.01-01.375, 21.01-01.376
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 51. СПб.: ИПА РАН. 2019 21.01-01.377, 21.01-01.378, 21.01-01.379, 21.01-01.380, 21.01-01.381, 21.01-01.382, 21.01-01.383, 21.01-01.384, 21.01-01.385, 21.01-01.386, 21.01-01.387, 21.01-01.388
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 53. СПб.: ИПА РАН. 2020 21.01-01.389, 21.01-01.390, 21.01-01.391, 21.01-01.392, 21.01-01.393, 21.01-01.394, 21.01-01.395, 21.01-01.396, 21.01-01.397, 21.01-01.398, 21.01-01.399

Книги

- Акустическая кавитация. М.: Наука. 2008 21.01-01.3К
- Гидроакустические преобразователи и антенны. Л.: Судостроение. 1980 21.01-01.16К
- Инженерные расчёты в гидроакустике. Л.: Судостроение. 1988 21.01-01.18К
- Корабельная гидроакустическая техника: состояние и актуальные проблемы. Гидроакустика на рубеже XX и XXI столетий. СПб.: Наука. 2004 21.01-01.1К
- Морской астрономический альманах 2021–2022. Серия: Мореходная астрономия. СПб.: ИПА РАН. 2020 21.01-01.11К
- Морской Астрономический Ежегодник на 2020 г. 91-й год изд. Серия: Морской астрономический ежегодник. Адм. № 9002. СПб.: УНнО МО РФ. 2019 21.01-01.4К
- Морской Астрономический Ежегодник на 2021 г. 92-й год изд. Серия: Морской астрономический ежегодник. Адм. № 9002. СПб.: УНнО МО РФ. 2020 21.01-01.10К
- Проблемы кавитации. Л.: Судостроение. 1966 21.01-01.13К
- Теоретические основы акустики океана. Л.: Гидрометиздат. 1982 21.01-01.17К
- Труды 9 Всероссийской конференции "Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики». СПбНЦ РАН, 27–29 мая 2008 г. СПб.: Наука. Ленинградское отд. 2008 21.01-01.2К
- Труды Всероссийской акустической конференции. Санкт-Петербург. 21–25 сентября 2020 г. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС. 2020 21.01-01.12К
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 48. СПб.: ИПА РАН. 2019 21.01-01.5К
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 49. СПб.: ИПА РАН. 2019 21.01-01.6К
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 50. СПб.: ИПА РАН. 2019 21.01-01.7К
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 51. СПб.:

ИПА РАН. 2019 21.01-01.8К	21.01-01.14К
Труды Института прикладной астрономии РАН № 53. СПб.:	Физические основы распространения звука в океане. Л.:
ИПА РАН. 2020 21.01-01.9К	Гидрометеоздат. 1975 21.01-01.15К
Ультразвуковая технология. М.: Металлургия. 1974	

СОДЕРЖАНИЕ

Библиография	21.01-01.1
Персоналии	21.01-01.19
Классические проблемы линейной акустики и теории волн	21.01-01.31
Нелинейная акустика	21.01-01.92
Физическая акустика	21.01-01.106
Акустика океана, гидроакустика	21.01-01.155
Атмосферная и аэроакустика	21.01-01.182
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика	21.01-01.205
Акустическая экология; Шумы и вибрации	21.01-01.208
Акустика помещений; Музыкальная акустика	21.01-01.226
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование	21.01-01.230
Акустика живых систем; Биологическая акустика	21.01-01.271
Физические основы технической акустики	21.01-01.292
Акустика в медицинской практике	21.01-01.323
Физика	21.01-01.324
Астрономия	21.01-01.339
Авторский указатель Указатель источников	