

СИГНАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

01. АКУСТИКА

ОТДЕЛЬНЫЙ ВЫПУСК

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

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

Издается с 2013 г.

№ 05

Выходит 6 раз в год

Москва 2022

Конгрессы, конференции, семинары, симпозиумы, советы, совещания

22.05-01.1 Всероссийский аэроакустический форум 20—25 сентября 2021 года, Геленджик. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506,

№ 1, с. 3. Рус.

DOI: 10.31857/S2686740022050066.

Библиография

22.05-01.2К Эфемериды малых планет на 2021 год. СПб: ИПМ. 2020

Международное издание-ежегодник «Эфемериды малых планет» (ЭМП, издается с 1948 г.) содержит информацию об элементах орбит занумерованных малых планет (астероидов) и обстоятельствах их наблюдений в периоды, наиболее благоприятные для этих наблюдений. Его форма и содержание следуют научной политике, проводимой Международным астрономическим союзом. Ввиду быстрого роста числа занумерованных малых планет, том ежегодника, начиная с ЭМП на 2012 год, подготавливается в виде файлов представленных ISO-образом для записи на компакт-диск и содержащих полный объем данных обо всех занумерованных малых планетах. Начиная с ЭМП на 2020 год прекращается рассылка брошюры с подробным содержанием ежегодника. Теперь она доступна только в электронном виде (англ.). Начиная с ЭМП на 2021 год прекращается публикация близоразположенных эфемерид малых планет. Эфемериды доступны только в текстовом виде в составе архива `emprxt-2021.zip`. Данные ЭМП Том ЭМП на 2021 год содержит: Введение (англ.), в котором дано достаточно подробное содержание ежегодника; орбитальные элементы 545135 малых планет, занумерованных на 30 апреля 2020 г., и даты их оппозиций в 2021 г.; таблицу орбитальных элементов астероидов, сближающихся с Землей, занумерованных на 30 апреля 2020 г., и даты их оппозиций в 2021 г.; таблицу орбитальных элементов кентавров и транснептуновых объектов, занумерованных на 30 апреля 2020 г., и даты их оппозиций в 2021 г.; таблицу орбитальных элементов некоторых особых объектов (астероидов, достигающих/пересекающих орбиты Юпитера, Марса и др.) и даты их оппозиций в 2021 г.; таблицу оскулирующих элементов и обратные значения масс возмущающих планет; таблицу параметров кривых блеска; таблицу альтернативных периодов кривых блеска; таблицу кривых блеска двойных астероидов; таблицу параметров двойных астероидов; таблицу астероидов, вращающихся не вокруг главных осей инерции («кувыркающиеся» астероиды); таблицу ориентаций осей вращения астероидов; эфемериды астероидов, сближающихся с Землей, и некото-

рых особенных малых планет; таблицу, характеризующую состояние наблюдений малых планет на 30 апреля 2020 г.; таблицу положений противосолнца и Луны; информацию о пакете AMPLE; информацию о семействах астероидов.

22.05-01.3К Труды Института прикладной астрономии РАН № 54. СПб.: ИПА РАН. 2020. ISBN 978-5-93197-071-4

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.

22.05-01.4К Труды Института прикладной астрономии РАН № 55. СПб.: ИПА РАН. 2020. ISBN 978-5-93197-073-8

Специальный выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит материалы Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2019), прохо-

дившей 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.

22.05-01.5К Морской Астрономический Ежегодник на 2022 г. 93-й год изд. Серия: Морской астрономический ежегодник. СПб.: УНиО МО РФ, 2021, 336 с.

Основу «Морского астрономического ежегодника» (МАЕ) составляют ежедневные видимые геоцентрические экваториальные эфемериды ярких навигационных светил: Солнца, Луны, четырех больших планет (Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна) и 69 наиболее ярких звезд, а также моменты восходов и заходов Солнца и Луны, начала и конца гражданских и навигационных сумерек, азимуты верхнего края Солнца на восходе и заходе. Все эти эфемериды, а также ежемесячные эфемериды 160 звезд и таблицы Полярной в совокупности с интерполяционными таблицами, модифицированной таблицей высот и азимутов светил ТВА-57 и рядом вспомогательных таблиц позволяют решать основные штурманские задачи методами классической мореходной астрономии без привлечения дополнительных пособий. В соответствии с решениями XXIV—XXVI Генеральных ассамблей Международного астрономического союза (2000—2006 гг.) и Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО—2007, Санкт-Петербург) вычисление эфемерид основано на современных теориях, представляющих движение небесных тел с точностью, достаточной для теоретических исследований и практических приложений. В МАЕ при вычислении положений Солнца, Луны и больших планет Солнечной системы использована отечественная численная теория ЕРМ2011m. Положения звезд публикуются в системе звёздных каталогов FK6 и HIPPARCOS. МАЕ выходит с изменениями, рекомендованными совещанием представителей ГУНиО МО РФ, ГосНИНГИ МО РФ, ВВМУ им. М.Ф. Фрунзе, ГМА им. адм. С.О. Макарова, ВСОК ВМФ и ИПА РАН в 1999 г. в Санкт-Петербурге и подтвержденными резолюцией Всероссийской астрономической конференции (ВАК-2001, Санкт-Петербург). Ответственными за вычисление эфемеридных данных для МАЕ на 2022 г. являются следующие сотрудники лаборатории астрономических ежегодников ИПА РАН: видимые часовые углы τ Овна, координаты Солнца, Луны и планет, моменты кульминаций, параллаксы, видимые размеры и фазы Луны, конфигурации планет, начала сезонов — Н.И. Глебова; условия видимости планет, видимые места звезд, звездные карты, таблицы Полярной — М.Л. Свешников, Г.А. Космодамианский; моменты восходов и заходов Солнца и Луны, азимуты верхнего края Солнца на моменты восходов и заходов, моменты начала и конца гражданских и навигационных сумерек, данные о затмениях Солнца и Луны — М.В. Лукашова. Объяснение к МАЕ на 2022 г. переработано В.Н. Костиным, М.В. Лукашовой. Примеры вычислены М.В. Лукашовой, Н.Б. Железновым, Г.А. Космодамианским.

22.05-01.6К Труды Института прикладной астрономии РАН № 56. СПб.: ИПА РАН, 2021. ISBN 978-5-93197-074-5

Выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит статьи, охватывающие 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.

22.05-01.7К Труды Института прикладной астрономии РАН № 57. СПб.: ИПА РАН, 2021. ISBN 978-5-93197-075-2

Выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит статьи, охватывающие 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.

22.05-01.8К Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН, 2021. ISBN 978-5-93197-076-9

Выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит статьи, охватывающие 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.

22.05-01.9К Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН, 2021. ISBN 978-5-93197-077-6

Выпуск сборника «Труды Института прикладной астрономии РАН» содержит статьи, охватывающие 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.

22.05-01.10К Морской Астрономический Ежегодник на 2023 г. 94-й год изд. Серия: Морской астрономический ежегодник. СПб.: УНиО МО РФ, 2022, 336 с.

мический ежегодник. СПб: УНиО МО РФ. 2022, 336 с.

DOI: 10.32876/NauticalYearbook.2023. Основу «Морского астрономического ежегодника» (МАЕ) составляют ежедневные видимые геоцентрические экваториальные эфемериды ярких навигационных светил: Солнца, Луны, четырех больших планет (Венеры, Марса, Юпитера, Сатурна) и 69 наиболее ярких звезд, а также моменты восходов и заходов Солнца и Луны, начала и конца гражданских и навигационных сумерек, азимуты верхнего края Солнца на восходе и заходе. Все эти эфемериды, а также ежемесячные эфемериды 160 звезд и таблицы Полярной в совокупности с интерполяционными таблицами, модифицированной таблицей высот и азимутов светил ТВА-57 и рядом вспомогательных таблиц позволяют решать основные штурманские задачи методами классической мореходной астрономии без привлечения дополнительных пособий. В соответствии с решениями XXIV—XXVI Генеральных ассамблей Международного астрономического союза (2000—2006 гг.) и Всероссийской конференции «Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО—2007, Санкт-Петербург) вычисление эфемерид основано на современных теориях, представляющих движение небесных тел с точностью, достаточной для теоретических исследований и практических приложений. В МАЕ при вычислении положений Солнца, Луны и больших планет Солнечной системы использована отечественная численная теория EPM2011m. Положения звезд публикуются в системе звездных каталогов FK6 и HIPPARCOS. МАЕ выходит с изменениями, рекомендованными совещанием представителей ГУНиО МО РФ, ГосНИНГИ МО РФ, ВВМУ им. М.Ф. Фрунзе, ГМА им. адм. С.О. Макарова, ВСОК ВМФ и ИПА РАН в 1999 г. в Санкт-Петербурге и подтвержденными резолюцией Всероссийской астрономической конференции (ВАК-2001, Санкт-Петербург). Ответственными за вычисление эфемеридных данных для МАЕ на 2023 г. являются следующие сотрудники лаборатории астрономических ежегодников ИПА РАН: видимые часовые углы τ Овна, координаты Солнца, Луны и планет, моменты кульминаций, параллаксы, видимые размеры и фазы Луны, конфигурации планет, начала сезонов — Н.И. Глебова; условия видимости планет, видимые места звезд, звездные карты, таблицы Полярной — Г.А. Космодамианский; моменты восходов и заходов Солнца и Луны, азимуты верхнего края Солнца на моменты восходов и заходов, моменты начала и конца гражданских и навигационных сумерек, данные о затмениях Солнца и Луны — М.В. Лукашова. Объяснение к МАЕ на 2023 г. переработано В.Н. Костинным, М.В. Лукашовой. Примеры вычислены М.В. Лукашовой, Г.А. Космодамианским. Подготовка оригинал-макета Объяснения выполнена М.В. Лукашовой. Подготовка оригинал-макета табличной части МАЕ с помощью системы верстки табличных изданий СВИТА выполнена Д.А. Рыжковой.

22.05-01.11К Астрономический ежегодник на 2022 год. СПб: УНиО МО РФ. 2022, 336 с.

DOI: 10.32876/AstroYearbook.2022 Предисловие. В «Астрономическом ежегоднике» (далее АЕ) публикуются эфемериды Солнца, Луны, больших планет и звезд, вычисленные с максимальной точностью в соответствии с резолюциями, утвержденными Международным Астрономическим Союзом (IAU), а также приводятся сведения о различных астрономических явлениях — затмениях Луны и Солнца, планетных конфигурациях, восходах и заходах Солнца и Луны и т.д. Объяснение, содержащее примеры, иллюстрирует возможность вычисления различных эфемерид для любого момента времени и места наблюдения. Начиная с выпуска на 2004 г. осуществлялась реформа АЕ, заключающаяся в изменении эфемеридной основы АЕ в соответствии с рекомендациями XXIII—XXVI Генеральных ассамблей (ГА) МАС. В течение нескольких лет поэтапно произведена полная замена теорий движения больших планет и Луны, прецессионно-нутационной модели, звездного каталога, введена система координат, основанная на новой концепции небесного промежуточного начала СИО. Отдельные этапы реформы описаны в предисловиях и объяснениях к АЕ на 2004—2008 гг. Последним этапом работы стало изменение эфемеридной основы — замена теории EPM2004 на EPM2011/m, созданную в ИПА РАН. Подготовка эфемеридных материалов АЕ-2021 основана на следующих данных: фундаментальные эфемериды Солнца,

Луны и больших планет вычислены по теории EPM2011/m, разработанной в ИПА РАН и представляющей движение этих тел с точностью, достаточной для теоретических исследований и практических приложений. Расхождения между теориями EPM2011/m и широко используемой DE405/LE405, созданной в JPL (Лаборатория реактивного движения, Пасадена, США), на порядок меньше, чем точность публикуемых в АЕ данных для перечисленных выше тел; в соответствии с рекомендацией МАС—2000 значения нутации по долготе и нутации наклона вычислены по теории нутации IAU2000P06 (сообщение IERS Conventions Center, 16 June 2009); учет прецессии произведен в форме параметризации Лиске со значениями коэффициентов разложения, соответствующих новой прецессионной модели P03 и приведенных в отчете Рабочей группы МАС по прецессии и эклипике (2006); вычисление звездного времени произведено с использованием «угла вращения Земли» и нового выражения для уравнения равенств, принятых в «IERS Conventions (2003)», и прецессии P03; при вычислении элементов матрицы прецессии и нутации учтен сдвиг среднего полюса J2000.0 относительно полюса ICRS; при вычислении эфемерид звезд использован фундаментальный каталог FK6, а для звезд, не вошедших в него, — каталог HIPPARCOS. Оба каталога привязаны к ICRS. Для вычисления поправок за орбитальное движение двойных звезд использован «Четвертый каталог орбит двойных звезд» WH-4; по рекомендации XXIV ГА МАС (резолюция B1.7) наряду с классической концепцией равенств, в которой представлены все эфемеридные материалы АЕ, приведены также параметры, связанные с небесной промежуточной системой координат CIRС, и элементы матрицы перехода от ICRS к небесному промежуточному началу СИО и истинному экватору даты. Вычисление эфемеридных данных для «Астрономического Ежегодника на 2022 г.» выполнили следующие сотрудники лаборатории астрономических ежегодников: звездное время, эфемериды геоцентрических координат Солнца, эфемериды геоцентрических координат Луны и коэффициенты полиномов Чебышева, геоцентрические и гелиоцентрические координаты больших планет, оскулирующие элементы орбит планет, эфемериды положения и скорости Земли в барицентрической системе координат, элементы матрицы прецессии и нутации, редукционные величины, эфемериды для физических наблюдений Луны, фазы Луны, перигей и алогей — Н.И. Глебова; времена года и прецессионные величины, планетные конфигурации — Н.И. Глебова; данные для затмений Солнца и Луны — М.В. Лукашова; данные для покрытий планет Луной для России — Г.А. Космодамианский; эфемериды для физических наблюдений Солнца, планет и колец Сатурна — Г.А. Космодамианский; восходы и заходы Солнца и Луны — М.В. Лукашова; таблица поправок за орбитальное движение звезд — Н.И. Глебова, Н.Б. Железнов; средние места звезд на эпоху года, видимые места десятидневных и близполюсных звезд — Н.И. Глебова; таблицы высот и азимутов Полярной и таблицы для определения широты по наблюдениям Полярной — Г.А. Космодамианский; угол вращения Земли, уравнение начал, параметры СИР, элементы матрицы перехода от ICRS к СИО и истинному экватору даты — Н.И. Глебова. Контроль данных выполнили Н.И. Глебова, Н.К. Омелянчук и И.А. Лебедева. Объяснение к Ежегоднику переработано Н.И. Глебовой и Н.Б. Железновым. Дополнительная информация об алгоритмах вычисления эфемерид, публикуемых в АЕ, приведена в «Расширенном объяснении к «Астрономическому ежегоднику» («Труды ИПА РАН», 2004. Вып.10). Примеры к объяснению вычислены Н.И. Глебовой, Г.А. Космодамианским, М.В. Лукашовой. Подготовка Объяснения с помощью системы TEX выполнили Н.И. Глебова, М.В. Лукашова и Н.К. Омелянчук. В Интернете на сайте ИПА РАН URL: <http://iaaras.ru/about/issues/yearbook/2022/> размещена часть материалов, публикуемых в АЕ: моменты начала астрономических сезонов, коэффициенты полиномов Чебышева для эфемериды Луны данные о фазах Луны, планетных конфигурациях, обстоятельствах солнечных и лунных затмений (Н.И. Глебова, Г.А. Космодамианский, М.В. Лукашова); в качестве Приложения к АЕ приведены данные о покрытиях Луной звезд списка АЕ для России, данные о явлениях в системе галилеевых спутников Юпитера, элонгации спутников Марса, данные о главных спутниках Сатурна; список координат обсерваторий как приложение к АЕ (М.В. Лукашова).

Персоналии

22.05-01.12 Грегор Хотц: «Откройте уши, закройте глаза — вот и всё...». *Patrick K.-H. Музыка и время.* 2009, № 9, с. 3281. Рус.

Интервью посвящено проекту швейцарского композитора и саксофониста-импровизатора, директора берлинского клуба Ausland Грегора Хотца Sound walk («Звуковая прогулка»), состоявшемуся в начале июля 2009 года в Берлине в рамках программы "Ohrenstrand" ("Причал для слуха"). Приводятся краткая биография и дискография Грегора Хотца. Ключевые слова: звуковая прогулка, звуковой ландшафт, акустика, звуковая среда.

22.05-01.13 О переписке Пьера Булеза и Джона Кейджа. *Петрусёва Н. Музыка и время.* 2011, № 1, с. 18-21. Рус.

Освещаются материалы интенсивной переписки Пьера Булеза и Джона Кейджа между 1949—1952 годами. Рассматривается их взаимное притяжение/отталкивание, возникавшее при обсуждении таких вопросов, как: структура, метод и материал, новые акустические понятия, трактовка ряда, ритм как альтернативная организация, числовые структуры, исходный пункт теории общего сериализма, концепция «alea» и ее девальвация, «искусство взаимодействия» и его противоречия, Центры экспериментальной музыки, «артистический модернизм», манифест IRCAM. Ключевые слова: П. Булез, Дж. Кейдж, IRCAM.

22.05-01.14 Воспоминания о Юрии Николаевиче Рагсе. *Горбунова И.Б. Музыка и время.* 2015, № 11, с. 65-69. Рус.

Статья посвящена рассмотрению музыкально-теоретических воззрений известного российского музыканта, ученого и педагога Юрия Николаевича Рагса (1926—2012). Работы Рагса заложили фундамент для развития ряда новых направлений, активно развивающихся в наши дни, — музыкальная информатика, звукорежиссура, метамузыкознание, музыкально-компьютерные технологии. Доктор искусствоведения, профессор, действительный член (академик) Академии гуманитарных наук, член-корреспондент Международной академии информатизации при ООН, Ю.Н. Рагс известен как автор многочисленных работ по теории музыки, выявляющих перспективное значение связи между звуковысотной и ритмической организацией музыки, рассматриваемой ученым в более широком ряду периодических процессов; автор трудов по музыкальной психологии, музыкальной критике и публицистике; работ в области музыкальной науки, рассматриваемой в фокусе естественнонаучного и гуманитарного знания, а также трудов по музыкальной акустике как сфере профессиональных знаний в системе подготовки современного музыканта и педагога. Ключевые слова: Юрий Николаевич Рагс, теория музыки, музыкально-компьютерные технологии, музыкальная акустика, музыкальная информатика, звукорежиссура, профессиональное музыкальное образование.

22.05-01.15 Разработка и этапы испытаний низкочастотных гидроакустических станций с ГПБА для отечественных надводных кораблей. *Андреев М.Я., Охрименко С.Н., Рубанов И.Л. Морской сборник.* 2022, № 8, с. 73-79. Рус.

Рассматривается история создания, разработки технических решений, этапы многочисленных испытаний ряда гидроакустических систем из семейства «Минотавр» для надводных кораблей в период выполнения опытно-конструкторской работы «Минотавр».

22.05-01.16 Памяти Вадима Владимировича Фурдуева. *Иванова И.Д., Шевченко О.Е. История науки и техники.* 2003, № 11, с. 6203. Рус.

22.05-01.17 История развития гидроакустического вооружения подводных лодок СССР в послевоенный период. *Юшков И.И. История науки и техники.* 2006, № 6, с. 5912. Рус.

22.05-01.18 История, современное состояние и перспективы развития акустической томографии, основан-

ной на низкочастотном просветном методе. *Стародубцев П.А., Стародубцев Е.П. История науки и техники.* 2006, № 11, с. 5955. Рус.

22.05-01.19 История становления, современное состояние и перспективы развития кафедры гидроакустики Тихоокеанского Военно-Морского института. *Трасковский В.И., Стародубцев П.А. История науки и техники.* 2010, № 1, с. 2893. Рус.

Рассматривается исторический процесс образования и становления кафедры гидроакустики в Тихоокеанском Военно-Морском институте им. С.О. Макарова (ТОВМИ). Показаны основные направления деятельности профессорско-преподавательского состава при подготовке специалистов гидроакустики для Военно-Морского Флота России, современное состояние материально-технической базы и технических средств обучения, перспективные направления развития кафедры. Ключевые слова: ТОВМИ им. С.О. Макарова; кафедра гидроакустики; специалисты-гидроакустики, гидроакустическое образование.

22.05-01.20 Развитие метаматериалов и перспективы их использования для промышленного оборудования. *Валеев А.Р., Мовсумзаде Э.М. История науки и техники.* 2021, № 12, с. 18-27. Рус.

Рассматривается развитие метаматериалов — материалов, свойства которых обеспечиваются специально созданной внутренней структурой, что позволяет им иметь уникальные возможности. Изучено становление электромагнитных, оптических, акустических, акустические, виброизоляционных метаматериалов. Также изучены такие микроструктуры, которые позволяют обеспечивать квазиузуловую жесткость. Предложена авторская конструкция виброизоляционного метаматериала с квазиузуловой жесткостью.

22.05-01.21 Памяти Андрея Викторовича Гапонова-Грехова (07.06.1926—02.06.2022). *Акустический журнал.* 2022, № 5, с. 579-580. Рус.

2 июня 2022 г. на 96-м году жизни скончался выдающийся ученый и организатор отечественной науки, Герой Социалистического Труда, дважды лауреат Государственной премии СССР, лауреат Государственной премии РФ, лауреат Демидовской премии и Большой золотой медали им. М.В. Ломоносова РАН, почетный гражданин города Нижнего Новгорода академик Андрей Викторович Гапонов-Грехов.

22.05-01.22 История образования и развития предприятий гидроакустической отрасли. *Беркутов Р.Н., Попов В.А., Селезнев И.А. Гидроакустика.* 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.

Вторая часть, первую часть — см. № 49 (1). С. 65—76. Приведены подробные сведения об отечественных предприятиях гидроакустической отрасли, создававшихся в разные годы для удовлетворения потребностей Военно-морского флота и народного хозяйства страны в образцах техники для освещения подводной обстановки. Вводятся в научный оборот новые данные о производстве гидроакустических средств в республиках бывшего Советского Союза. Ключевые слова: гидроакустические средства и системы, гидроакустическая отрасль, гидроакустические средства военного и гражданского назначения.

22.05-01.23 Три великие проблемы физиологии и медицины. *Еськов В.М., Хадарцев А.А., Филатов М.А., Третьяков С.А. Вестник новых медицинских технологий: Теор. и науч.-практ. журн.* 2020, 26, № 4, с. 115-118. Рус.

DOI: 10.24411/1609-2163-2020-16782. В 1989 году нобелевский лауреат В.Л. Гинзбург определил для всей физики три великие проблемы. Они были связаны с необратимостью (стрелой времени), редукцией живых систем, т.е. с применением физики в их изучении, и квантовым подходом в изучении мозга и декогеренцией волновой функции. В связи с этим можно сформулировать три великие проблемы физиологии, исходя из работ

ведущих физиологов 20 и 21-го веков. Эти проблемы связаны с понятием стандарта (нормы), созданием объективных методов для оценки отклонения от этого стандарта и третья проблема связана с изучением центрального регулятора физиологических функций — мозга. В рамках недавно открытого эффекта неустойчивости выборок любых параметров организма челове-

ка, в статье представлены ответы на проблемы Гинзбурга и ответы на три биомедицинские проблемы. Представлены экспериментальные данные, методы и модели для решения этих трех проблем. Обозначены перспективы развития физиологии, медицины и биокibernетики с позиций открытия нарушения причинно-следственных связей в биосистемах.

Классические проблемы линейной акустики и теории волн

Математическая теория распространения волн

22.05-01.24 О двух подходах к моделированию шума низкоскоростных дозвуковых струй. *Бычков О.П., Зайцев М.Ю., Копьев В.Ф., Фараносов Г.А., Чернышев С.А. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2022. 506, № 1, с. 16-25. Рус.

Представлено подробное исследование структуры звукового поля дозвуковой турбулентной струи. Для анализа используются экспериментальные данные, полученные методом азимутальной декомпозиции, и численные данные, полученные методом моделирования крупных вихрей. Проводится сравнение двух подходов к моделированию источников шума: модели “мелкомасштабной” турбулентности и модели волн неустойчивости. Показано, что модель “мелкомасштабной” турбулентности позволяет воспроизвести нетривиальные характеристики направленности излучения азимутальных мод в широком диапазоне параметров и, по-видимому, является более адекватной реальной физике процессов генерации шума в дозвуковых струях.

22.05-01.25 Монореактивный гармонический осциллятор. *Попов И.П. Труды МАИ.* 2022, № 6, с. 126–01. Рус.

Механические колебания широко распространены в разнообразных технологических процессах. Особое значение учет колебаний приобретает в авиационной и ракетной отраслях. Синтез монореактивного гармонического осциллятора производится на основе трех предпосылок. Первое. Осциллятор состоит из двух одинаковых по массе грузов. Второе. Грузы совершают синусоидальные перемещения. Третье. Суммарная энергия осциллятора со временем не изменяется. В монореактивном (m) гармоническом осцилляторе инертные элементы могут совершать свободные синусоидальные колебания, которые сопровождаются трансформацией кинетической энергии инертного элемента в кинетическую же энергию другого инертного элемента. В положении, при котором энергия первого инертного элемента равна нулю. При этом энергия второго элемента имеет максимальное значение. В следующий момент времени первый элемент приобретает ускорение за счет кинетической энергии второго элемента, скорость которого начинает уменьшаться.

22.05-01.26 Точные решения уравнения КдВ с двойственной степенной нелинейностью. Exact solutions of the KdV equation with dual-power law nonlinearity. *Urbain Fibay, Kudryashov N.A., Tala-Tebue E., Hubert Malwe Boudoue, Doka S.Y., Stepin Kofane Timoleon. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 3, с. 457. Англ.

Исследовано КдВ-уравнение с двумя слагаемыми, описывающими нелинейность. Получены общие точные решения типа солитонов в виде бегущей волны, такие как “яркое” солитонное решение, “темное” солитонное решение и периодическое решение. Эти решения имеют целый ряд свободных параметров, что позволяет их использовать для описания моделей во многих физических процессах. Основной результат работы состоит в получении общего решения исходного уравнения с различными значениями параметров задачи.

22.05-01.27 Аналитические решения уравнения внутренних гравитационных волн, генерируемых движущимся нелокальным источником возмущений. *Булатов В.В., Владимиров Ю.В. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 4, с. 572-579. Рус.

Рассматривается задача о построении аналитических решений, описывающих поля внутренних гравитационных волн от нелокального источника возмущений, движущегося на поверхности стратифицированной среды конечной глубины. Для модельной формы источника с радиальной симметрией в линейном приближении получены аналитические решения, выражающиеся через собственные функции основной вертикальной спектральной задачи внутренних волн. Предложены два метода представления решения, в том числе на основе теоремы Миттаг—Леффлера о разложении мероморфной функции. Приведены результаты расчетов волновых полей для различных режимов волновой генерации, иллюстрирующих два метода аналитического представления волнового поля.

22.05-01.28 Об одном подходе к решению пространственных задач гидродинамики с учетом упругих процессов. *Круковский А.Ю., Повещенко Ю.А., Подрыга В.О., Рагимли П.И. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 4, с. 658-665. Рус.

Построена конечно-разностная аппроксимация упругих сил на разнесенных лагранжевых сетках, основанная на методе опорных операторов. Для векторов смещений на нерегулярных сетках, на топологическую и геометрическую структуру которых наложены минимальные разумные ограничения, применительно к разностным схемам для задач теории упругости построены аппроксимации операций векторного анализа. С учетом энергетического баланса среды построенные семейства интегрально-согласованных аппроксимаций операций векторного анализа достаточны для дискретного моделирования этих процессов. Рассматриваются схемы, как использующие тензор напряжений в явном виде, так и разделяющие его на шаровую и сдвиговую компоненты (давление и девиатор). Последнее используется для построения однородных алгоритмов, применимых как для твердого тела, так и для испаренной фазы. При построении аппроксимаций используется линейная теория упругости. В явном виде получены результирующие силы в пространственной геометрии. Приведены расчеты распространения звуковых волн в алюминиевой пространственно-трехмерной ортогональной пластине вследствие торцевого удара.

22.05-01.29 Нелокальный закон сохранения в свободной затопленной струе. *Гайфуллин А.М., Жевик В.В. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 10, с. 1646-1655. Рус.

Рассматривается свободная осесимметричная незакрученная затопленная струя вязкой несжимаемой жидкости. При больших числах Рейнольдса определена неизвестная константа в асимптотическом решении Ландау—Румера—Гольдштика—Яворского уравнений Навье—Стокса, описывающем дальнее поле струи. Аналогичная константа определена в решении Лойдянского, которое получено в приближении пограничного слоя. Константы выражаются через распределение скорости в источнике струи с помощью нелокального закона сохранения.

22.05-01.30 Консервативный метод третьего порядка точности на пространственной неструктурированной сетке для решения задач газовой динамики. *Широбоков Д.А. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2022. 62, № 1, с. 175-192. Рус.

Рассматривается метод конечного объема третьего порядка точности в пространственном случае на неструктурированной сетке. Приведено подробное описание метода на примере уравнения неразрывности. Метод используется при решении задачи о нестационарном обтекании сферы вязким сжимаемым газом

при малых числах Рейнольдса. Ключевые слова: метод конечных объемов, неструктурированные сетки, уравнения Навье—Стокса, обтекание сфер.

22.05-01.31 Нахождение стационарных течений паузейлевского типа для несжимаемой полимерной жидкости методом установления. Блогин А.М., Семисалов Б.В. Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 2, с. 305-319. Рус.

Проведен численный анализ процесса установления стационарных течений несжимаемой вязкоупругой полимерной жидкости в канале с прямоугольным сечением под действием постоянного перепада давления. Для описания течений применяется реологическая мезоскопическая модель Покровского—Виноградова. При использовании интерполяций с узлами Чебышёва по пространственным переменным и неявной схемы по времени разработан алгоритм решения начально-краевых задач для нестационарных уравнений модели. Аналитически показано, что в стационарном случае модель допускает три решения высокой гладкости. Вопрос о том, какое из этих решений реализуется на практике, исследован с помощью расчетов предельного решения нестационарных уравнений. Установлено, что предельное решение с высокой точностью совпадает с одним из трех решений стационарной задачи, и рассчитаны значения параметров, при которых происходит переключение с одного решения на другое.

22.05-01.32 Интегральное представление решения нестационарной задачи Лэмба в случае предельного значения коэффициента Пуассона. Ильясов Х.Х., Кравцов А.В., Кравцов Ал.В., Кузнецов С.В. Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 3, с. 478-487. Рус.

Рассматривается нестационарная задача Лэмба для упругого полупространства в случае, когда коэффициент Пуассона принимает предельное значение $1/2$. Для осевой симметрии решение представляется в виде повторного несобственного интеграла. Внутренний интеграл по вертикальной прямой на комплексной плоскости приводится к сумме вычетов и сумме нескольких интегралов от действительной переменной. Получена оценка решения при больших значениях полярного радиуса.

22.05-01.33 Об упрощении численных и аналитических “инструментов” описания “звукового удара”. Валиев Х.Ф., Крайко А.Н., Гилляева Н.И. Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 4, с. 642-658. Рус.

В свете современного состояния и тенденций развития методов математического моделирования звукового удара от сверхзвуковых летательных аппаратов обсуждается место численных и аналитических инструментов его описания. Отмечена возрастающая роль численных расчетов на адаптированных к особенностям течения сетках в рамках стационарных уравнений Эйлера (в координатах летательных аппаратов на “крейсерском” режиме полета) до расстояний от нескольких до пары десятков его длин. Другая важная тенденция — замена развивавшегося с середины XX в. сложного численно-аналитического аппарата описания “среднего” и “дальнего” полей звукового удара более простыми подходами, в том числе, без обращения к функции Уизема. В развитие этих тенденций в рамках уравнений Эйлера продемонстрирована возможность численного расчета типичных для звукового удара волновых структур без ограничений на расстояния и на интенсивности ударных волн, включая крайне малые. Описание эволюции звукового удара с удаления в 15—20 длин летательных аппаратов и до Земли сведено к мгновенному решению следующих из осесимметричных уравнений Эйлера задач Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Вязкое размазывание слабых ударных волн описывает известное одномерное стационарное решение уравнений Навье—Стокса.

22.05-01.34 О возбуждении и развитии неустойчивости в пограничном слое сжимаемого газа, наблюдаемых при высокоточном численном моделировании без введения искусственных возмущений. Толстыг А.И., Ширококов Д.А. Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 7, с. 1209-1223. Рус.

Приводятся численные решения нестационарных уравнений Навье—Стокса в задаче о неустойчивости пограничного слоя на пластине, мгновенно введенной в дозвуковой поток, полученные на основе схемы с мультиоператорными аппроксимациями 16-го порядка. Использовалась традиционная постановка задачи без введения каких-либо источников возмущения неустойчивости. Неустойчивые моды возникали вследствие наличия контролируемого фона малых возмущений точных решений, создаваемого аппроксимационными погрешностями схемы. Представленные решения описывают сценарий возникновения пакетов волн Толмина—Шлихтинга в окрестности передней кромки с зависящей от времени интенсивностью и их распространения вниз по потоку с возрастающими амплитудами. Оценивается влияние спектрального состава диссипативной части схемы на волновые числа и амплитуды волновых пакетов. Обсуждается соответствие развития неустойчивости в полученных решениях основным результатам линейной теории.

22.05-01.35 Аналитическое решение лучевых уравнений Гамильтона для волн Россби на стационарных сдвиговых потоках. Гневьев В.Г., Белоненко Т.В. Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2022. 15, № 2, с. 8-18. Рус.

Рассматривается асимптотическое поведение волн Россби, взаимодействующих со сдвиговым стационарным течением. Показано, что в этих задачах существует качественное отличие задач для зонального и незонального фонового потока. Если для зонального потока возникает только один критический слой, то для незонального может существовать несколько критических слоев. Установлено, что проинтегрированные лучевые уравнения Гамильтона оказываются равносильны асимптотикам решения задачи Коши. Получены явные аналитические решения для волновых треков волн Россби, как функции времени и начальных параметров волнового возмущения, а также величины сдвига и угла наклона потока к зональному направлению. На примере волн Россби на сдвиговом потоке аналитически проинтегрированы лучевые уравнения Гамильтона. Полученные явные выражения позволяют рассчитывать в реальном времени треки волн Россби для любого начального направления волны и для любого угла наклона сдвигового течения. Показано, что эти треки для незонального потока качественно несут сильно анизотропный характер.

22.05-01.36 Нелокальное расширение релятивистской причинной термодинамики и общерелятивистское уравнение Бюргерса. Ильин А.С., Балакин А.Б. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 4, с. 2241504. Рус.

Разработан феноменологический подход к построению релятивистской модели термо-вязко-упругости, кардинальным элементом которой стало обобщенное уравнение Бюргерса. В качестве ключевого шага мы построили нелокальное обобщение модели Израэля—Стьюарта для релятивистской причинной термодинамики однородной, изотропной космической жидкости, в которой коэффициент при интегральном операторе отвечает за упругие свойства среды. На основании второго закона термодинамики получено интегро-дифференциальное уравнение для эволюции скаляра неравновесного давления и показано, что дифференциальная версия этого уравнения является релятивистским аналогом уравнения Бюргерса, описывающего вязко-упругие процессы в классических средах. Основываясь на полученных таким образом уравнениях для модели среды с объемной вязко-упругостью, мы высказали гипотезу о том, что уравнения для модели со сдвиговой вязко-упругостью также можно представить с помощью соответствующего релятивистского обобщения уравнения Бюргерса; иными словами, уравнение для бесследовой сдвиговой части тензора неравновесного давления получено нами феноменологическим путем по аналогии с точным уравнением для объемной части этого тензора.

Отражение, дифракция и рефракция волн

22.05-01.37 Анизотропные твердые цилиндрические волноводы. Клещёв А.А. Труды Крыловского государственного научного центра. 2022, № 3, с. 139-144. Рус.

Объект и цель научной работы. В статье изучается поведение анизотропных упругих тел цилиндрической формы (ортотроп-

ной оболочки и трансверсально-изотропного стержня). Цель — нахождение фазовых скоростей упругих волн в этих телах с помощью приближений тонких оболочек и строгого подхода на основе динамической теории упругости с использованием потенциалов «типа Дебая». В предыдущих исследованиях анизотропных структур использовались анизотропные среды или анизотропные полупространства. Материалы и методы. В работе используются как приближенный метод тонких оболочек, так и строгий подход на основе динамической теории упругости и потенциалов «типа Дебая». Основные результаты. Получены уравнения для нахождения фазовых скоростей упругих волн в анизотропных телах цилиндрической формы. Вычислены фазовые скорости продольных и изгибных волн в анизотропном цилиндрическом стержне. Заключение. В результате проведенных исследований удалось найти соотношения для вычисления фазовых скоростей упругих волн в ортотропной оболочке и трансверсально-изотропном стержне.

22.05-01.38 Дифракция звуковых плоских волн на полосе со смешанными мягко-жесткими гранями. Diffraction of sound plane waves by a strip with mixed soft—hard faces. *Насивелиоглу Ф.* Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 6, с. 1056. Англ.

С использованием метода Винера—Хопфа исследуется решение задачи о дифракции в полосе с мягкими и жесткими граничными условиями. Изучено влияние несимметричных краевых условий на дважды дифрагированное поле, создаваемое на верхней границе полосы. Представлены численные результаты для различных параметров задачи.

Рассеяние акустических волн

См. 22.05-01.37

Отражение, дифракция, рассеяние упругих волн

См. 22.05-01.38

Скорость и затухание акустических волн

22.05-01.39 Мультипольный акустический каротаж в процессе бурения. *Вершинин С.А., Вершинин А.Г., Стрельченко В.В.* Геофизика. 2022, № 2, с. 8-16. Рус.

Представлены итоговые результаты НИОКР по созданию мультипольного акустического прибора для каротажа в процессе бурения, дан обзор зарубежных прототипов, указан комплекс решенных научно-технических проблем. Приведены достигнутые характеристики прибора, примеры обработки полевых скважин и анализа данных каротажа. Сформулирована перспективная концепция модернизации аппаратуры на основе полученных результатов.

Волноводы, волны в трубах и направляющих системах

22.05-01.40 Аномалии распространения акустических волн в двух полубесконечных цилиндрах, соединенных тонким уплощенным каналом. *Назаров С.А., Шенель Л.* Журнал вычислительной математики и математической физики. 2021. 61, № 4, с. 666-683. Рус.

Исследовано прохождение волн вдоль волновода, который образован двумя полубесконечными цилиндрами, соединенными перемычкой в виде тонкой прямоугольной пластины. Показано, что путем точной настройки размеров пластины можно добиться почти полного или даже полного прохождения поршневой моды на заданной наперед частоте, хотя по понятной причине в ситуации общего положения реализуется почти полное отражение волны. Результат получен при помощи асимптотического анализа коэффициентов рассеяния акустической волны, в частности, процедуры понижения размерности на перемычке. Обсуждаются доступные обобщения постановки задачи и смежные открытые вопросы.

22.05-01.41 Взаимодействие мод на сосредоточенной

неоднородности в мелководном акустическом волноводе в широкой полосе частот. *Луныков А.А., Шерменева М.А.* Акустический журнал. 2022. 68, № 5, с. 510-519. Рус.

Аналитически и в рамках численного моделирования рассматривается влияние сосредоточенной неоднородности на широкополосное (50—250 Гц) звуковое поле, формируемое в мелководном (40 м) волноводе на стационарной трассе на расстоянии до 5 км. Аналитические оценки проводятся в рамках теории взаимодействующих мод, а численное моделирование проводится методом широкоугольного параболического уравнения. Предполагается, что источником звука является одиночный ненаправленный излучатель, а прием ведется на вертикальную антенну, перегораживающую весь волновод по глубине. В качестве неоднородности выбирается локальный скачок толщины водного слоя или солитон внутренних волн, присутствие которых вызывает взаимодействие между модами. В работе показано, что при наличии сосредоточенной неоднородности на акустической трассе частотная зависимость амплитуд мод приобретает характерную модуляцию, период которой в частотной области уменьшается при увеличении расстояния от источника звука до неоднородности. Данный признак может быть использован для определения положения сосредоточенной неоднородности на стационарной трассе. Ключевые слова: мелководный акустический волновод, широкополосный сигнал, межмодовое взаимодействие, сосредоточенная неоднородность, вертикальная антенна.

См. также 22.05-01.37

Излучение источников, импеданс, картины полей

22.05-01.42 Постановка и метод решения задачи бимформинга для локализации акустического источника на основе данных вычислительного эксперимента. *Козубская Т.К., Плаксин Г.М., Софронов И.Л.* Журнал вычислительной математики и математической физики. 2021. 61, № 11, с. 1904-1926. Рус.

Статья посвящена постановке задачи бимформинга, целью которой является определение непрерывной функции акустического источника на основе анализа пространственно-временных данных вычислительного эксперимента в задачах аэродинамики и аэроакустики, и разработке численного метода ее решения. Под вычислительным экспериментом понимается максимально точное воспроизведение исследуемого турбулентного течения путем его численного моделирования, что сегодня становится возможным благодаря использованию вихререзающих подходов, методов повышенной точности, сеток большой размерности и мощной суперкомпьютерной техники. В работе сформулированы условия на параметры сеток дискретизации области источника монопольного типа и сетки микрофонов для обеспечения корректности и точности работы алгоритма. Предложен способ задания входящих в указанные условия численных параметров, корректность которых контролируется величиной числа обусловленности оператора бимформинга. В случае нарушения условий корректности рассмотрена регуляризация оператора бимформинга с целью получения функции источника с приемлемой точностью. Показано, что предложенный численный метод бимформинга с высокой точностью восстанавливает функцию источника на тестовых примерах, а его применение к расчетным данным вычислительного эксперимента по турбулентному обтеканию сегмента крыла с механизацией дает хорошие согласие с полученными в ходе эксперимента результатами анализа акустического поля.

См. также 22.05-01.38

Численные методы, компьютерное моделирование

22.05-01.43 Численное моделирование собственных колебаний частично заполненных жидкостью коаксиальных оболочек с учётом эффектов на свободной поверхности. *Бочкарёв С.А., Лekomцев С.В., Сенин А.Н.* Вестник Российской академии наук (РАН). 2022. 92, № 10,

с. 23-35. Рус.

Работа посвящена численному анализу вертикально ориентированных упругих коаксиальных цилиндрических оболочек, внутренние полости которых полностью или частично заполнены неподвижной сжимаемой жидкостью. На её свободной поверхности принимаются во внимание эффекты плескания. Решение задачи осуществляется в осесимметричной постановке с использованием полуаналитического варианта метода конечных элементов. Поведение жидкой среды описывается волновым уравнением, которое совместно с условиями на границах приводится к слабой форме методом Бубнова—Галёркина. Математическая постановка задачи динамики тонкостенных тел формулируется с помощью вариационного принципа возможных перемещений и линейной теории тонких оболочек, основанной на гипотезах Кирхгофа—Лява. Давление жидкости на стенке конструкции вычисляется согласно уравнению Бернулли. Плескательные моды колебаний, обусловленные гравитационными эффектами на свободной поверхности жидкой среды, исключаются из разрешающей системы уравнений с помощью метода итерационной динамической конденсации. Верификация численной модели осуществлена путём сравнения с известными данными для случая одиночной оболочки, частично заполненной жидкостью. Проведена оценка влияния уровней заполнения полостей на низкие собственные частоты колебаний системы при различных вариантах кинематических граничных условий для оболочек (жёсткая заделка на обоих краях, консольное закрепление) и различной величине кольцевого зазора между ними. Установлено, что для рассмотренных конфигураций высота жидкости в кольцевом канале сильнее влияет на частотный спектр по сравнению с её уровнем в полости внутренней оболочки благодаря изменению частот колебаний в более широком диапазоне.

22.05-01.44 Подходы к численному моделированию акустического поля, создаваемого крылом самолета с механизацией на режиме посадки. Горбеев А.В., Дубень А.П., Козубская Т.К., Родионов П.В. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 7, с. 24-48. Рус.

Работа посвящена оценке применимости метода IDDES для моделирования акустики, создаваемой крылом самолета с механизацией на режиме посадки. Тестирование проводится на валадиционной задаче обтекания прямого крылового сегмента, основанного на трехкомпонентном профиле 30P30N. Сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными производится по аэродинамике и акустике ближнего поля. При помощи метода FWH моделируется акустика дальнего поля, приводятся полученные спектры и диаграмма направленности. Тестируется возможность использования поглощающих слоев в качестве альтернативных граничных условий на концах сегмента, демонстрируется их влияние на получаемое численное решение.

22.05-01.45 Численное моделирование эволюции интенсивной аэродинамической струи в дальней зоне распространения. Гурбатов С.Н., Демин И.Ю., Лисин А.А., Карабасов С.А., Тюрина А.В. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 7, с. 49-62. Рус.

Рассмотрены условия истечения недорасширенной сверхзвуковой струи из эксперимента LTRAC (Laboratory for Turbulent Research in Aerospace and Combustion, университет Monash, Австралия). Проведен анализ характерных параметров линейного и нелинейного переноса для струи LTRAC с использованием решений LES из ближнего и дальнего акустического поля. В обоих случаях показано выполнение условий линейного сценария переноса звука на расстоянии, характерные для акустического эксперимента LTRAC. Для верификации теоретических оценок также получены численные решения сферического уравнения Бюргера, используя начальные данные из расчета LES. Эволюционное уравнение Бюргера решается численно в частотной области в дальней зоне до тех пор, пока эффект линейной диссипации не станет преобладающим. Решение выполняется с учетом и без учета нелинейного акустического члена, что важно для оценки влияния нелинейности на спектры аэродинамического шума в дальней зоне.

22.05-01.46 Численное моделирование развития турбулентных пятен в сверхзвуковом пограничном

слое на пластине. Егоров И.В., Новиков А.В., Чувазов П.В. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 7, с. 63-72. Рус.

Проведено прямое численное моделирование развития турбулентных пятен в пограничном слое на плоской пластине под нулевым углом атаки при числе Маха набегающего потока $M_\infty=6$. Рассмотрено распространение искусственно возбужденных локализованных трёхмерных вихревых возмущений с различными начальными амплитудами, которые при распространении вниз по потоку развиваются в турбулентные пятна. Моделирование выполнено в рамках решения уравнений Навье—Стокса для пространственных течений сжимаемого газа с помощью авторского расчётного кода, реализующего неявный метод сквозного счёта. Показано, что универсальная квазилинейная численная схема позволяет корректно оценивать основные характеристики турбулентных пятен — угол поперечного раскрытия и скорости переднего и заднего фронтов. продемонстрировано согласование полученных параметров пятен с результатами других авторов.

22.05-01.47 Разработка неструктурированного кода для вращающихся зон на основе метода Кабаре с улучшенными спектральными свойствами. Солтцев И.А., Карабасов С.А. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 7, с. 73-92. Рус.

Разрабатывается модификация схемы Кабаре для вращающихся сеток, окруженных внешней фиксированной зоной. Кабаре — консервативная/характеристическая схема второго порядка по пространству и времени с компактным шаблоном, которая обладает малодиссипативными и низкодисперсионными свойствами в задачах вычислительной аэроакустики. Чтобы расширить этот метод для задачи обтекания вращающегося пропеллера, добавлена аппроксимация неинерциальных членов во вращающихся зонах для консервативных шагов и разработанная соответствующая модификация характеристического шага на скользящей контактной поверхности. Реализован эволюционный подход, обеспечивающий сохранение потоков консервативных переменных через контактную поверхность. Разрабатываемая версия дополнена алгоритмом улучшения дисперсионных свойств схемы с помощью введения антидисперсионного члена, выраженного через производную потоков. Процедура нелинейной коррекции расширена модифицированным ограничителем потока, позволяющим снизить уровень диссипации решения. Выполнено тестирование кода на задачах распространения акустических плоских волн через контактные поверхности и вращающуюся зону. Показано, что разрабатываемый метод сохраняет основные характеристики базового алгоритма Кабаре.

22.05-01.48 Математическое моделирование как неотъемлемая часть методологии эксперимента в аэродинамических трубах. Босняков С.М., Енгуматова М.Ф., Матяш С.В., Михайлов С.В. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 7, с. 93-112. Рус.

Показано, что предварительное математическое моделирование является неотъемлемой частью экспериментальной методики. Оно может использоваться на разных этапах подготовки эксперимента в аэродинамической трубе (АДТ). Полученная в расчете предварительная информация задает направление экспериментальных исследований, помогает выбрать области для установки экспериментального оборудования, а также избегать ошибок во время проведения эксперимента.

22.05-01.49 Параллельная реализация мультиоператорной схемы 16-го порядка: приложение к задачам неустойчивости вихрей и пограничных слоев. Липавский М.В., Толстыж А.И., Ширококов Д.А. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 8, с. 3-18. Рус.

Рассматривается семейство схем для уравнений Эйлера и Навье—Стокса, основанное на мультиоператорных аппроксимациях производных с обращением двухточечных операторов и позволяющее обеспечивать очень высокие порядки. Описана общая идея MPI-параллелизации рассматриваемого типа алгоритмов, а также оценки параллельной эффективности. Представлены результаты прямого численного моделирования возникновения и развития неустойчивости двух типов — неустойчивости вихря гауссовского типа в дозвуковом потоке и неустойчивость Толмина—Шлихтинга в дозвуковом по-

граничном слое. Общей чертой этих вычислений было отсутствие каких-либо искусственных возбуждений. «Возбудителями» неустойчивости оказались малые отличия численных решений от точных, широкополосные спектры которых могут указывать на некоторую аналогию с естественным турбулентным фоном в реальных течениях.

22.05-01.50 Источники турбулентности на прямом крыле сверхзвукового пассажирского самолёта. Чувазов П.В., Погорелов И.О. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 8, с. 19-37. Рус.

В рамках полных уравнений Навье—Стокса рассмотрены два наиболее вероятных источника возмущений, которые способны приводить к турбулизации пограничного слоя на гладком прямом крыле сверхзвукового пассажирского самолёта: атмосферная турбулентность и акустический шум от турбулентного пограничного слоя на фюзеляже. Проанализированы частотно-волновые характеристики возмущений, развивающихся в пограничном слое на крыле; выявлен основной механизм перехода к турбулентности. Результаты расчётов сопоставлены с результатами линейной теории устойчивости.

22.05-01.51 Моделирование взаимодействия вихревого образования с ударной волной для тестирования численных алгоритмов. Кирюшина М.А., Елизарова Т.Г., Епихин А.С. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 9, с. 54-70. Рус.

Приведены результаты численного моделирования задачи о взаимодействии вихревого течения с ударной волной на примере использования квазигазодинамического (КГД) численного алгоритма, который реализован в решателе QGDFoam. В основу алгоритма положены регуляризованные уравнения газовой динамики. Алгоритм реализован в рамках открытого программного комплекса OpenFOAM. Результаты сравниваются с опубликованными данными, полученными на основе метода типа Годунова высокого порядка точности и вариантов метода Курганова—Тадмора, включенных в состав открытого программного комплекса.

22.05-01.52 Численное моделирование собственных колебаний частично заполненной жидкостью коаксиальных оболочек с учётом эффектов на свободной поверхности. Бочкарёв С.А., Лекомцев С.В., Сенин А.Н. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика.* 2022, № 1, с. 23-35. Рус.

Работа посвящена численному анализу вертикально ориентированных упругих коаксиальных цилиндрических оболочек, внутренние полости которых полностью или частично заполнены неподвижной сжимаемой жидкостью. На её свободной поверхности принимаются во внимание эффекты плескания. Решение задачи осуществляется в осесимметричной постановке с использованием полуаналитического варианта метода конечных элементов. Поведение жидкой среды описывается волновым уравнением, которое совместно с условиями на границах приводится к слабой форме методом Бубнова—Галёркина. Математическая постановка задачи динамики тонкостенных тел формулируется с помощью вариационного принципа возможных перемещений и линейной теории тонких оболочек, основанной на гипотезах Кирхгофа—Лява. Давление жидкости на стенке конструкции вычисляется согласно уравнению Бернулли. Плескательные моды колебаний, обусловленные гравитационными эффектами на свободной поверхности жидкой среды, исключаются из разрешающей системы уравнений с помощью метода итерационной динамической конденсации. Верификация численной модели осуществлена путём сравнения с известными данными для случая одиночной оболочки, частично заполненной жидкостью. Проведена оценка влияния уровней заполнения полостей на низшие собственные частоты колебаний системы при различных вариантах кинематических граничных условий для оболочек (жёсткая заделка на обоих краях, консольное закрепление) и различия величине кольцевого зазора между ними. Установлено, что для рассмотренных конфигураций высота жидкости в кольцевом канале сильнее влияет на частотный спектр по сравнению с её уровнем в полости внутренней оболочки благодаря изменению частот колебаний в бо-

лее широком диапазоне.

22.05-01.53 Численное моделирование газовых смесей в рамках квазигазодинамического подхода на примере взаимодействия ударной волны с пузырьком газа. Елизарова Т.Г., Шильников Е.В. *Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 1, с. 124-135. Рус.

Представлен новый численный алгоритм для моделирования течений нереагирующих газовых смесей в трансзвуковых режимах. Алгоритм основан на методе конечного объема, записанного для регуляризованных, или квазигазодинамических, уравнений. Уравнения для описания течения смеси выведены феноменологически на базе существующей регуляризованной системы для однокомпонентного газа и классических уравнений для газовой смеси. Примеры численного моделирования включают в себя расчет задачи о нестационарном взаимодействии газового потока с тяжелой и легкой каплями газа.

22.05-01.54 Численное решение задачи о гашении колебаний движущегося полотна. Михайлов И.Е., Суворов И.А. *Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 1, с. 150-161. Рус.

Моделируются механические процессы, происходящие при производстве бумаги. В бумагоделательной машине бумага перемещается в виде тонкого листа. Характерная толщина листа варьируется от 0.1 мм (офисная бумага) до 1 мм (картон). Все бумагоделательные машины содержат открытые участки полотна, где бумажное полотно проходит без механической поддержки во время движения от одного опорного ролика к другому. В это время оно может потерять стабильность, начать совершать поперечные колебания и в итоге порваться. Рассматривается возможность уменьшить эти колебания с помощью различных управляющих актюаторов. Поперечные колебания движущегося полотна с ненулевой изгибной жесткостью моделируются с помощью неоднородного дифференциального уравнения в частных производных четвертого порядка. Воздействие управляющих актюаторов моделируется функцией в правой части уравнения. Предполагается, что амплитуда колебаний одинакова в поперечном сечении движущегося полотна. Задача гашения колебаний сводится к минимизации некоторой функции многих переменных. Решение задачи разбивается на два этапа: решение начально-краевой задачи с заданным управлением и минимизация некоторой функции многих переменных. Для решения начально-краевой задачи предлагается численный метод. Дифференциальное уравнение четвертого порядка сводится к системе двух дифференциальных уравнений второго порядка. Далее делается замена искомого функций, позволяющая упростить эти уравнения. Получившиеся уравнения аппроксимируются конечно-разностной схемой, для которой показана ее абсолютная устойчивость. Эта разностная схема решается с помощью матричной прогонки. Для минимизации функции многих переменных используется метод Хука—Дживса. Приводятся примеры расчетов для трех типов актюаторов: точечного, действующего на участке полотна и действующего на всем протяжении полотна.

22.05-01.55 Исследование влияния численного метода и сеточных параметров на точность моделирования свободных колебаний цилиндра на водной поверхности. Плягунова К.С., Козелков А.С., Стрелец Д.Ю., Уткин Д.А., Курулин В.В. *Фундаментальная и прикладная гидрофизика.* 2022. 15, № 2, с. 33-46. Рус.

Статья посвящена исследованию влияния численного метода и сеточных параметров на точность моделирования свободных колебаний цилиндра на водной поверхности. Представлено описание используемого численного метода моделирования плавления тел, основанного на численном решении уравнений Навье—Стокса. Для численной дискретизации используется конечно-объемный метод, позволяющий проводить расчеты на неструктурированной сетке. Моделирование свободной поверхности проводится по методу VOF (Volume Of Fluid). Учет движения твердого тела осуществляется путем деформации расчетной сетки с сохранением ее топологии. Для решения уравнения движения и неразрывности используется метод SIMPLE. Учет сил поверхностного натяжения осуществляется

с помощью модели CSF (Continuum Surface Force). Описанный численный метод применяется для решения задачи о затухающих свободных колебаниях цилиндра на водной поверхности. Рассматриваются вопросы влияния на решение сеточного разрешения, величины шага по времени, порядка аппроксимации по времени и по пространству, а также вопросы, касающиеся метода сглаживания гидродинамических сил, действующих на тело, которые зачастую используются для решения практических задач. Анализ полученных результатов показывает, что применение схем повышенного порядка для дискретизации по пространству и времени позволяет повысить точность решения. При высоком сеточном разрешении и малом шаге по времени коэффициент релаксации силы, действующей на тело, не оказывает сильного влияния на получаемый результат.

22.05-01.56 Численное решение уравнения Кортевега—де Вриза на подвижной сетке с использованием двухслойных разностных схем. Выковская Е.Н. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 1, с. 2210702. Рус.

Приводятся результаты численного и аналитического исследования 2-хслойных явных и неявных разностных схем для уравнения KdV. На эйлеровых расчетных сетках удовлетворительное численное решение было получено только при использовании явно-неявной разностной схемы типа Кранка-Николса 2-го порядка аппроксимации по временной t и пространственной x переменным. Полностью неявная 2-хслойная схема 1-го порядка по времени t и 2-го по пространству x , хотя и является абсолютно устойчивой, но, наличие большой схемной вязкости приводит к существенному искажению решения. Применение подвижных сеток с динамической адаптацией позволило получить численные решения высокой точности не только для схем типа Кранка—Николса, но и для семейства полностью неявных 2-хслойных схем 1-го порядка по времени t и 2-го по пространству x . Важным достоинством рассматриваемых схем является их простота и прозрачность базовых математических конструкций.

22.05-01.57 Метод численного расчета генерации ультразвуковых волн разностной частоты в условиях формирования ударного фронта. Сергеева М.С., Тюрина А.В., Юлдашев П.В., Хожлова В.А. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 4, с. 2240101. Рус.

На основе нелинейного уравнения Бюргерса рассмотрена задача о генерации волны разностной частоты при взаимодействии двух интенсивных высокочастотных волн накачки. В режимах формирования ударных фронтов в профиле волны вычисление нелинейного оператора в этом уравнении представляет собой особую сложность из-за необходимости использования нескольких тысяч спектральных компонент, поэтому в работе исследован метод прореживания спектра, который позволяет существенно сократить количество гармоник, но при этом сохраняет достаточную высокую точность вычисления поля волны разностной частоты. Проведено сравнение нового метода с предложенным ранее для различного количества оставляемых в нелинейном алгоритме спектральных компонент. Показано, что новый метод удерживает меньшее число высокочастотных и большее число комбинационных компонент спектра, поэтому более точен на расстояниях до формирования ударного фронта, а на больших расстояниях дает выигрыш только при большом количестве оставляемых в алгоритме гармоник.

22.05-01.58 Компьютерное обучение физике: механические колебания и волны, кинематика и динамика твердого тела. Иванов В.Ю., Иванова И.Б., Терентьев М.А. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 5, с. 2250601_1-2250601_7. Рус.

Рассмотрен пример обучающего интерактивного теста. В качестве обучающих задач выбраны классические задачи общей физики из раздела механики. Предложена структура теста. Приведены примеры обучающих подсказок.

22.05-01.59 Метод численного расчета генерации ультразвуковых волн разностной частоты в условиях формирования ударного фронта. Сергеева М.С., Тюрина А.В., Юлдашев П.В., Хожлова В.А. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 5, с. 2240101_1-2240101_6.

Рус.

На основе нелинейного уравнения Бюргерса рассмотрена задача о генерации волны разностной частоты при взаимодействии двух интенсивных высокочастотных волн накачки. В режимах формирования ударных фронтов в профиле волны вычисление нелинейного оператора в этом уравнении представляет собой особую сложность из-за необходимости использования нескольких тысяч спектральных компонент, поэтому в работе исследован метод прореживания спектра, который позволяет существенно сократить количество гармоник, но при этом сохраняет достаточную высокую точность вычисления поля волны разностной частоты. Проведено сравнение нового метода с предложенным ранее для различного количества оставляемых в нелинейном алгоритме спектральных компонент. Показано, что новый метод удерживает меньшее число высокочастотных и большее число комбинационных компонент спектра, поэтому более точен на расстояниях до формирования ударного фронта, а на больших расстояниях дает выигрыш только при большом количестве оставляемых в алгоритме гармоник.

22.05-01.60 Эффективный численный метод определения захваченных мод акустических волноводов. Даутов Р.З. Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки. 2022. 164, № 1, с. 68-84. Рус.

Предложен эффективный приближенный метод определения всех захваченных мод уравнения Гельмгольца на основе метода конечных элементов и точных нелокальных краевых условий. Рассмотрен бесконечный двумерный канал с параллельными стенками на бесконечности, который может содержать препятствия произвольной формы, при этом предполагается, что частоты захваченных мод лежат ниже некоторого порогового значения. Предлагаемая дискретная задача представляет собой алгебраическую задачу на собственные значения для симметричных положительно определенных разреженных матриц, одна из которых зависит нелинейно от спектрального параметра. Разработан быстрый итерационный метод решения подобных задач. Приведены результаты численных расчетов.

22.05-01.61 Влияние параметров внешней среды на воспламенение и горение сверхзвуковой водородной струи, истекающей в затопленное пространство. Федорова Н.Н., Ванькова О.С. Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 3, с. 19-31. Рус.

Представлены результаты численного моделирования смешения, воспламенения и горения холодной сверхзвуковой ($M_{jet}=1.46$) водородной струи, подаваемой соосно в кольцевую сверхзвуковую ($M_{air}=1.86$) струю горячего влажного воздуха, в условиях истечения в затопленное пространство. Моделирование проведено в программном комплексе ANSYS Fluent 2020 R1 в нестационарной двумерной осесимметричной постановке на основе осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье—Стокса, дополненных k-w SST моделью турбулентности и детальным кинетическим механизмом горения водорода в воздухе. Геометрия и параметры расчетов выбраны в соответствии с условиями эксперимента (Cohen, Guile, 1969), данные которого использованы для верификации расчетного алгоритма. Изучена структура реагирующей струи, проведена оценка полноты стгорания водорода при различных значениях параметра нерасчетности струи. Получены мгновенные, средние и пульсационные компоненты основных газодинамических параметров и концентраций компонентов реагирующей смеси.

См. также **22.05-01.25, 22.05-01.33, 22.05-01.34**

Методы измерений и инструменты

22.05-01.62 Метод электрокинетической звуковой амплитуды и его использование для исследования адсорбции полимеров. Булычев Н.А., Кистерев Э.В. Инженерная физика. 2009, № 8, с. 1236. Рус.

С помощью нового метода электрокинетической звуковой амплитуды изучены закономерности адсорбции полимера (этилгидроксизетилцеллюлозы) на поверхности гидрофильных частиц диоксида титана и оксида железа в водных дисперсных

системах в присутствии и отсутствие интенсивного механического воздействия. Создана методика интерпретации результатов ЭЗА для вычисления параметров адсорбционных слоев полимера и проведен количественный анализ структуры адсорбционных слоев полимера исходя из предположения об их неравномерной плотности и показано, что обработка дисперсных систем в поле интенсивных волновых колебаний приводит к интенсификации адсорбционного взаимодействия полимера с поверхностью диспергированных частиц. Ключевые слова: Полимеры, адсорбция, электроакустические методы, дисперсные системы.

22.05-01.63 Экспериментальное исследование процесса столкновения частиц с пузырьком воздуха. Мохаммади М., Назари М., Кайхани М.Х., Ахмади Г. Прикладная механика и техническая физика. 2022. 83, № 5, с. 197-208. Рус.

Представлены результаты экспериментального исследования столкновения частиц пластика диаметром 1,5; 2,0; 2,5 мм с неподвижным пузырьком воздуха диаметром 5,5 мм в деионизированной воде. Установлено, что размер частиц оказывает существенное влияние на скорость частиц и время скольжения их по поверхности пузырька. По мере увеличения диаметра частицы скорость ее скольжения по поверхности пузырька увеличивается, и частица быстро отделяется от нее. Исследовано влияние на процесс столкновения силы сопротивления, капиллярной силы, давления, сил тяжести и плавучести, действующих на частицу. Установлено, что частица остается на поверхности пузырька, в случае если капиллярная сила является доминирующей. Изучено влияние трехфазной контактной линии на капиллярную силу и давление. Для классификации режимов столкновения частицы с пузырьком предложено использовать модифицированное число Бонда.

Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

22.05-01.64 Аппроксимация значений коэффициентов опор балки при колебаниях и потери устойчивости. Кудрявцев И.В., Рабецкая О.И., Митяев А.Е. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2022. 27, № 3, с. 461-474. Рус.

Рассмотрена проблема расчета первой собственной частоты колебаний и первой критической силы для балки с упругими опорами. Аналитический обзор литературы по решению таких задач показал, что в теории колебаний и теории устойчивости стержней учет условий закрепления основан на использовании коэффициентов опор, значения которых были получены после решения соответствующего дифференциального уравнения. В рассмотренной литературе содержится только ограниченный набор значений этих коэффициентов, в основном для идеальных опор простых типов: шарниры, заделка и др. Учет жесткости опор можно найти только в отдельных изданиях и только для ограниченного числа вариантов значений. В данной работе выполнен расчет коэффициентов опор в зависимости от жесткости закрепления балки для первой собственной частоты колебаний и первой критической силы. Полученные значения были разделены на три зоны жесткостей и аппроксимированы внутри каждой зоны квадратичными функциями. Использование квадратичной аппроксимации позволило получить простые аналитические зависимости, пригодные для инженерных прикладных расчетов, а разбиение жесткости на зоны обеспечило приемлемую погрешность получаемых значений. Также квадратичные зависимости позволили решать обратные задачи по определению жесткостей опор для заданного значения первой собственной частоты колебаний или первой критической силы. Проведено подробное исследование погрешности полученных аппроксимирующих функций по всему рассмотренному диапазону жесткостей, которое показало, что погрешность определения коэффициента опор при колебаниях составляет не более 2%, а при потере устойчивости — 6%. Погрешность зависит от сочетания жесткостей опор и может увеличиться, если жесткости различаются более чем на порядок. Также была установлена высокая чувствительность решения обратной задачи к входным данным, что является следствием высокой нелинейно-

сти зависимости коэффициентов опор от жесткости. Полученные результаты можно использовать при инженерных расчетах первой собственной частоты колебаний и первой критической силы балки с упругими опорами.

22.05-01.65 Нелинейное модальное взаимодействие продольных и изгибных колебаний балочного резонатора при периодическом тепловом нагружении. Морозов Н.Ф., Индейцев Д.А., Лукин А.В., Попов И.А., Штукин Л.В. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2022. 9, № 2, с. 317-337. Рус.

Исследуется нелинейное модальное взаимодействие продольных и изгибных колебаний балочного резонатора при периодическом тепловом нагружении. Исследуется режим параметрических колебаний в условиях внутреннего кратного резонанса между некоторыми изгибной и продольной формами свободных колебаний резонатора. Обнаружена возможность генерации в системе режима продольно-изгибных биений, частота медленной огибающей которых существенным образом зависит от параметра внутренней частотной расстройки, непосредственно связанного с величиной внешних возмущений, подлежащих высокоточному измерению.

22.05-01.66 О решениях уравнения малых поперечных колебаний движущегося полотна. Романенков А.М. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2022. 9, № 2, с. 346-356. Рус.

Рассматривается модельная задача одномерных малых поперечных колебаний полотна, движущегося с постоянной скоростью, которое закреплено шарнирным образом. Колебательный процесс описывается линейным дифференциальным уравнением 4-го порядка с постоянными коэффициентами. В рассматриваемой модели происходит учет силы Кориолиса, что приводит к появлению в дифференциальном уравнении слагаемого со смешанной производной. Данный эффект делает невозможным применение классического метода разделения переменных. Однако построены семейства точных решений уравнения колебаний в виде бегущей волны. Для начально-краевой задачи установлено, что решение может быть построено в виде ряда Фурье по системе собственных функций вспомогательной задачи о колебаниях балки. Для рассматриваемого колебательного процесса установлен закон сохранения энергии и доказана единственность решения начально-краевой задачи.

22.05-01.67 Оптимизация режимов гашения колебаний пространственного двойного маятника. I. Постановка задачи. Смирнов А.С., Смольников В.А. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2022. 9, № 2, с. 357-365. Рус.

Обсуждаются вопросы оптимального гашения колебаний пространственного двойного маятника, шарнирные оси которого не коллинеарны друг другу. В качестве вариантов гашения рассматриваются как просто пассивное гашение, связанное с действием вязкого трения, так и совместное пассивное и активное гашение, причем активные воздействия формируются по принципу коллинеарного управления. Для обоих случаев приводится аналитическое решение уравнений движения системы в рамках линейной модели, отчетливо демонстрирующее гашение движений по собственным формам колебаний исходной консервативной модели. Рассматриваются критерии оптимизации, характеризующие эффективность процессов затухания движений системы. Отмечается, что для получения наиболее ярко выраженных режимов гашения следует максимизировать степень устойчивости или минимизировать интегральный энерго-временной показатель. Кроме того, обсуждаются основные достоинства и недостатки указанных критериев оптимизации. Данная статья является основой для последующего исследования, которое будет представлено в виде отдельной статьи «Оптимизация режимов гашения колебаний пространственного двойного маятника. II. Решение задачи и анализ результатов».

22.05-01.68 Нестационарный изгиб ортотропной консольно-закрепленной балки Тимошенко с учетом релаксации диффузионных потоков. Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. Журнал вычислительной математи-

ки и математической физики. 2022. 62, № 11, с. 1895-1911. Рус.

Рассматривается нестационарная задача об изгибе консольно-закрепленной упругодиффузионной ортотропной балки Тимошенко под действием нагрузки, приложенной к свободному концу балки. Модель учитывает конечную скорость распространения диффузионных возмущений вследствие релаксации диффузионных потоков. Физико-механические процессы описываются связанной системой уравнений изгиба балки Тимошенко с учетом диффузии. Решение задачи ищется с помощью метода эквивалентных граничных условий. Для этого рассматривается вспомогательная задача, решение которой получается с помощью интегрального преобразования Лапласа по времени и разложения в тригонометрические ряды Фурье. Далее строятся соотношения, связывающие правые части граничных условий исходной и вспомогательной задачи. Эти соотношения представляют собой систему интегральных уравнений Вольтерра I рода. Решение этой системы осуществляется численно с помощью квадратурных формул. На примере трехкомпонентного материала выполнено численное исследование взаимодействия нестационарных механического и диффузионного полей в ортотропной балке. В заключение приведены основные выводы о влиянии связанности полей на напряженно-деформированное состояние и массоперенос в стержне.

22.05-01.69 Сравнение теории с результатами измерений шума фильтрации флюида в пористой среде. Лебедев А.В. *Акустический журнал*. 2022. 68, № 5, с. 530-542. Рус.

Рассматривается один из методов дистанционных исследований структурно-неоднородных сред — изучение шума фильтрации. Дано краткое описание предложенной ранее модели возникновения шума фильтрации. Приводятся результаты вычислений, отмечаются особенности внутренней структуры природных пористых материалов, обуславливающие генерацию акустического излучения. Результаты расчета сопоставлены с недавно опубликованными в *Акустическом журнале* экспериментальными данными. Показано, что имеется удовлетворительное согласие между предсказанием в рамках предложенной теоретической модели и результатами измерений. Это открывает возможности для определения параметров пористых сред и скорости флюида по измерению шума фильтрации. Ключевые слова: акустика пористых сред, дистанционная акустическая диагностика.

22.05-01.70 Задача о флаттере пластины при смешанных граничных условиях. Алгазин С.Д., Селиванов И.А. *Прикладная механика и техническая физика*. 2022. 83, № 5, с. 160-167. Рус.

Рассматривается решение задачи о флаттере пластины при смешанных граничных условиях. Математическая постановка задачи позволяет учитывать произвольные направления вектора набегающего потока. Для численного решения задачи предлагается использовать численный алгоритм без насыщения, который на редкой сетке позволяет с достаточной точностью определять критическую скорость флаттера. Представлены результаты расчетов для четырех материалов (титана, стали, алюминия, дюралюминия). На основе результатов расчетов получены аналитические зависимости критической скорости флаттера от направления вектора набегающего потока, а также от безразмерной скорости звука в пластине и толщины пластины. Приводятся собственные формы колебаний $Re(\varphi)$, соответствующие критической скорости флаттера.

См. также **22.05-01.43**, **22.05-01.52**, **22.05-01.55**

Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

Нелинейная акустика

22.05-01.71 Особенности распространения волн Лэмба в клине из АБС-пластика с параболическим профилем. Агафонов А.А., Коробов А.И., Изосимова М.Ю., Кожийский А.И., Одина Н.И. *Акустический журнал*. 2022. 68, № 5, с. 467-474. Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований распространения упругих изгибных волн в элементе метаматериала, представляющем собой клин, толщина которого меняется по параболическому закону. Образец изготовлен методом 3D-печати из полимера АБС. Описана экспериментальная установка для генерации и регистрации упругих изгибных волн в изготовленном образце клина. Регистрация и визуализация упругих волн в клине осуществлялась лазерным сканирующим виброметром. Экспериментально исследованы особенности распространения изгибных волн в изготовленном образце клина параллельно и перпендикулярно ребру клина. Анализируются результаты эксперимента. Проведенные исследования показали, что изготовленный в работе клин является волноводом, концентрирующим энергию акустической волны, что является важным при разработке акустических метаматериалов и поглощающих устройств, работающих по принципу “акустической черной дыры”. Ключевые слова: параболический клин, волна Лэмба, лазерная виброметрия, акустическая черная дыра.

22.05-01.72 Отражение и преломление звуковых волн на границе пузырьковой жидкостью—пористая среда, насыщенная пузырьковой жидкостью. Ситдикова Л.Ф., Гималтдинов И.К. *Прикладная механика и техническая физика*. 2022. 83, № 5, с. 140-149. Рус.

Теоретически исследовано отражение и прохождение гармонических волн на границе между пузырьковой жидкостью и пористой средой, насыщенной этой жидкостью. Изучено влияние параметров системы на коэффициенты отражения и прохождения через границы раздела двух сред. Установлено, что для границы пузырьковая жидкостью—пористая среда, насыщенная пузырьковой жидкостью, существует диапазон частот, в котором отражение происходит так же, как от свободной поверхности, а обратное отражение — как от жесткой стенки.

См. также **22.05-01.31**, **22.05-01.32**, **22.05-01.39**, **22.05-01.62**

Статистическая акустика

22.05-01.73 Решение уравнений Бюргера методом правых частей. Липанов А.М., Карсканов С.А. *Химическая физика и мезоскопия*. 2022. 24, № 2, с. 218-227. Рус.

Приводится метод правых частей для решения одномерных дифференциальных уравнений с частными производными. Рассматривается класс дифференциальных уравнений, содержащих в их левых частях частные производные по времени. Анализируются одномерные нелинейные дифференциальные уравнения Бюргера и Хопфа. Показано, что данные уравнения являются модификационной формой уравнений законов сохранения. Для уравнения Бюргера произведено сравнение решений при различной кинематической вязкости с аналитическими данными. Делаются выводы, что при уменьшающейся вязкости ошибка накапливается. При кинематической вязкости 0.001 на пике решение заметно осциллирует. Для уравнения Хопфа показана эволюция решения во времени и происходящий в определенный момент времени волновой коллапс. Уравнение решалось численно до времени пока существовала взаимно-однозначное соответствие между функцией и абсциссой. Численное решение при этом хорошо согласуется с аналитическим.

Теория нелинейных акустических волн

22.05-01.74 Нелинейные локализованные продольные волны в метаматериале, задаваемом как цепочка "масса-в-массе". *Ерофеев В.И., Колесов Д.А., Мальханов А.О. Акустический журнал.* 2022. 68, № 5, с. 475-478. Рус.

Рассматривается математическая модель акустического (механического) метаматериала, представляющая собой цепочку осцилляторов, состоящую из нелинейно-упругих элементов и масс, каждая из которых содержит внутренний нелинейный осциллятор. Показано, что в длинноволновом приближении полученная система уравнений может быть сведена к нелинейному эволюционному уравнению Бенджамина—Бона—Махони, в рамках которого исследовано взаимодействие трех модулированных квазигармонических волн (волновых пакетов) при выполнении условий фазового синхронизма. Исследовано также формирование связанных трехчастотных солитонов огибающих, т.е. волновых пакетов, сохраняющих свои амплитудно-фазовые профили при распространении в метаматериале благодаря компенсирующему действию нелинейных эффектов. Отмечено, что кроме решений, описывающих квазигармонические процессы, полученное эволюционное уравнение имеет точное аналитическое решение в виде уединенной стационарной волны (солитона). Выявлены различия свойств этого солитона и классического солитона Кортевега—де Вриза. Ключевые слова: математическое моделирование, нелинейные волны, акустический метаматериал, цепочка "масса-в-массе", одномерная система.

Распространение интенсивных волн, пилообразные и слабые ударные волны

Физическая акустика

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

22.05-01.77 Сравнительный анализ поведения волн и деформаций на границе раздела упругих тел при условиях идеального контакта и скольжения. *Чертова Н.В., Гриняев Ю.В. Физическая мезомеханика.* 2022. 25, № 2, с. 87-100. Рус.

Исследуются закономерности прохождения волн через границу раздела упругих тел при условиях идеального контакта и скольжения, которые реализуются в процессах трения, распространения поверхностных волн по границам раздела многофазных и структурно-неоднородных материалов. Рассчитываются зависимости коэффициентов Френеля и амплитуд деформаций на границе раздела от угла падения волны при условиях идеального контакта и скольжения. Полученные результаты позволяют проанализировать влияние граничных условий, свойств контактирующих тел и условий нагружения на волновые процессы и деформации на границе.

См. также **22.05-01.71**

Акустическая кавитация, сонолюминесценция

22.05-01.78 Влияние крыльчатого обтекателя на гидродинамические, кавитационные и акустические характеристики движительного комплекса. *Багрищев В.В., Маринич Н.В., Коваль А.А. Труды Крыловского государственного научного центра.* 2022, № 3, с. 47-51. Рус.

Исследуется влияние крыльчатого обтекателя на гидродинамические, кавитационные и акустические характеристики движительного комплекса, представляющего собой гребной винт в насадке. В ходе выполнения работы спроектировано два вари-

22.05-01.75 Экспоненциальные многосеточные методы сквозного счета для стационарных сжимаемых потоков с ударными волнами. *Ли Шу-Дэжи. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2022. 62, № 8, с. 1428-1444. Рус.

Предлагается надежная и эффективная экспоненциальная многосеточная схема для численного моделирования стационарных сжимаемых течений. В алгоритме, основанном на экспоненциальной схеме интегрирования по времени с глобальной связью, обеспечивается подавление ошибки для ускорения сходимости к устойчивому состоянию, а пространственные моды ошибок высокой частоты и высокого порядка сглаживаются с помощью s-ступенчатого предобусловленного метода Рунге—Кутты. Показано, что полученная экспоненциальная многосеточная схема эффективна для гладких течений и может стабилизировать сквозной счет для ударных волн средней амплитуды без лимитеров и без добавления искусственной диссипации.

См. также **22.05-01.53, 22.05-01.57**

Параметрические антенны, рассеяние звука на звуке

22.05-01.76 Прогнозные оценки показателей надежности при замене преобразователей многоэлементной антенны. *Островский Д.В. Гидроакустика.* 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.

Предложен подход к прогнозной оценке эффективности замены преобразователей в многоэлементной антенне. В качестве иллюстрации приведены численные примеры. Ключевые слова: многоэлементная антенна, отказ преобразователей, замена отказавших преобразователей, надежность.

анта крыльчатого обтекателя (КО) с учетом поля скоростей за гребным винтом. Проведены экспериментальные исследования модели движительного комплекса с моделями гладкого обтекателя и спроектированными КО. Дополнительно исследовалось влияние положения лопастей обтекателя относительно лопастей гребного винта (между лопастей и в следе за лопастями). В ходе работы получены коэффициенты упора и момента, числа кавитации, измерено акустическое излучение для исследуемых компоновок движительного комплекса. Выполнено сравнение и сделаны выводы об эффективности применения крыльчатых обтекателей.

22.05-01.79 Плазменный разряд в кавитирующей жидкости. *Абрамов О.В., Абрамов В.О., Андриянов Ю.В., Кистерев Э.В., Градов О.М., Шехтман А.В., Классен Н.В., Муллакаев М.С., Бульчев Н.А. Инженерная физика.* 2009, № 8, с. 1247. Рус.

Представлены результаты экспериментов по возбуждению квазистационарного объемного разряда в зазоре между плоскими электродами в жидкости в режиме развитой кавитации, возбуждаемой ультразвуковым акустическим полем. Установлено, что если между электродами, погруженными в жидкость, вызвать электрический пробой, то при кавитации между ними возникает плазменный шнур, который относительно стабильно горит при малых напряжениях (около 50 В). При определенных параметрах разрядного электрического контура и интенсивности ультразвукового поля удавалось возбуждать плазменный разряд в кавитационной пузырьково-жидкостной среде, заполняющий всю область между электродами. Показано, что в жидкости в интенсивном ультразвуковом поле выше порога кавитации может существовать новая форма электрического разряда, характеризующаяся объемным свечением во всем пространстве между электродами и возрастающей вольт-амперной характеристикой, присущей аномальному тлеющему разряду в газе. Ключевые слова: Плазма, ультразвук, кавитация.

22.05-01.80 Исследование аномальных радиацион-

ных и тепловых явлений при кавитации струи жидкости. 1. Аномальные эффекты при генерации рентгеновского излучения стимулированного процессом кавитации жидкости. *Высоцкий В.И., Корнилова А.А., Корнеева Ю.В., Крит Т.В. Инженерная физика.* 2016, № 2, с. 33-45. Рус.

Рассмотрены оптические и радиационные (рентгеновские) процессы, которые сопутствуют режиму кавитации при поступательном движении двух типов жидкостей — циркулирующего по замкнутому контуру машинного масла или свободного выхода сверхзвуковой струи воды из узкого канала. Показано, что в определенном интервале давлений при выходе струи машинного масла из диафрагмы возникает интенсивное бело-голубое свечение, свойства которого принципиально отличаются от солюлюминесценции. Обнаружено, что корпус камеры, внутри которой происходит зарождение и эволюция кавитационных пузырьков в объеме циркулирующего масла, а также выходная часть канала и начальный участок струи воды являются источниками интенсивного рентгеновского излучения, генерация которого связана с процессами кавитации и последующим возбуждением ударных волн. Частота (энергия) рентгеновского излучения зависит от типа атомов на излучающей поверхности (для масла — корпус камеры, для струи воды — поверхность струи, для канала — атомы металла на поверхности) и возрастает с увеличением заряда атомов от 1 до 5 кэВ. Полная активность рентгеновского излучения в исследуемой установке в режиме свободного выхода струи превышает 0,1 Кюри. Впервые обнаружено, что воздействие на толстые отдаленные экраны ударных акустических волн, которые формируются в воздухе в результате кавитации струи воды, приводит к генерации квазикогерентного направленного рентгеновского излучения с обратной стороны этих экранов. Пространственные параметры этого излучения зависят от формы и сечения экрана и от пространственных характеристик ударной волны. Предсказана возможность и проведены эксперименты по использованию «классических» твердотельных (стеклянных и металлических) линз для итоговой фокусировки комбинированных акусто-рентгеновских волн. Показано, что такие устройства можно использовать для фокусировки импульсного рентгеновского излучения. Ключевые слова: кавитация в струе жидкости, ударные волны, генерация рентгеновского излучения.

22.05-01.81 Исследование аномальных радиационных и тепловых явлений при кавитации струи жидкости. Часть 2. Генерация и исследование незатухающих тепловых волн, формируемых при кавитации. *Высоцкий В.И., Корнилова А.А., Василенко А.О., Томак В.И., Корнеева Ю.В., Крит Т.В., Высоцкий М.В. Инженерная физика.* 2016, № 4, с. 9-20. Рус.

Рассмотрены акустические и тепловые эффекты, которые сопровождают кавитационные явления, протекающие в струе жидкости при ее кавитации. В процессе экспериментов с использованием акустических детекторов обнаружено, что в пространстве за пределами кавитационной камеры регистрируются низкочастотные и высокочастотные колебания, частоты которых лежат, соответственно, в области 8—20 кГц и 70—250 МГц. Эти волны регистрируются как возле поверхности камеры, так и далеко за ее пределами (вплоть до 2 м), причем волны высокой частоты распространяются без заметного поглощения. Первая группа волн соответствует «обычным» акустическим колебаниям и ее происхождение связано с механическим резонансом кавитационной камеры, который модулирует интенсивность многопузырьковой кавитации. Более высокочастотные волны не связаны с акустическими процессами, поскольку гиперзвуковые волны высокой частоты не распространяются в воздухе. Эти волны не относятся к электромагнитным колебаниям. Проведенный ранее и уточненный в работе теоретический анализ показал, что эти слабозатухающие высокочастотные волны предположительно представляют собой тепловые волны, которые при определенных условиях могут распространяться в разных средах без затухания. Основными требованиями к существованию и возбуждению таких волн является конечное время локальной тепловой релаксации (времени локальной «максвеллизации») теплового возмущения в матери-

альной среде, а также наличие в спектре теплового возмущения спектральных компонент на частоте этих волн. Второе условие выполняется при воздействии на границе раздела очень коротких ударных волн, связанных с кавитацией. Все эти условия были выполнены в проведенных экспериментах. Ключевые слова: кавитация в струе жидкости, ударные волны, уравнение теплопроводности, тепловые (температурные) волны, непоглощаемые волны.

22.05-01.82 Об использовании модели поверхностного испарения в условиях лазерной абляции поглощающих диэлектрических жидкостей. *Зубко А.Е., Самохин А.А., Сидорин А.В. Инженерная физика.* 2016, № 5, с. 13-19. Рус.

Анализируется область применимости модели поверхностного испарения для случая наносекундной лазерной абляции поглощающих диэлектрических жидкостей. Примером такого режима является воздействие на воду импульсов лазерного излучения с длиной волны в диапазоне 2,94 мкм, которое поглощается на глубине порядка одного микрона, значительно превышающей длину теплового влияния от поверхностного эффекта испарительного охлаждения. Верхний предел области применимости рассматриваемой модели определяется величиной подповерхностного максимума температурного профиля в облучаемой жидкости, который не должен превышать температуру предельного перегрева, когда в перегретой метастабильной жидкости начинается процесс объемного взрывного вскипания. Показано, что на пределе области применимости модели поверхностного испарения величина испарительного давления отдачи может быть сравнима с атмосферным давлением, превышая при этом величину термоакустического сигнала, и заметно зависит от коэффициента массовой accommodation. Ключевые слова: лазерная абляция, поверхностное испарение, коэффициент массовой accommodation, взрывное вскипание.

См. также **22.05-01.63**

Ультразвуковая релаксация в газах, жидкостях и твердых телах

22.05-01.83 Влияние ультразвука на физикохимические характеристики марганец-оксидных катализаторов окисления углеводородов. *Агмедьянова Р.А., Васильева Э.А., Кутузова Т.М., Мухамедьянов Р.Р., Фам Тхэ Шон, Музипов З.Р. Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского технологического университета).* 2022, № 7, с. 20-23. Рус.

Получены образцы гетерогенных марганец-оксидных катализаторов пропиткой γ -оксида алюминия избытком водных растворов солей марганца с различным содержанием марганца в условиях УЗ воздействия различной мощности и продолжительности и без него. Приведена схема получения гетерогенного марганец-оксидного катализатора пропиткой носителя из избытка водного раствора хлорида марганца (II) методом окунания в УЗ поле. В качестве источника УЗ использовали технологический аппарат серии «Волна» (модель УЗТА-0,4/22-ОМ), частота УЗ колебаний — 22 кГц. Установлены оптимальные условия УЗ обработки — продолжительность 5 мин, мощность УЗ 102,2 Вт. Определены физико-химические характеристики образцов катализатора, в том числе удельная поверхность, средний размер пор, объем пор по методу БЭТ. Установлено, что ультразвук оказывает влияние на текстурные характеристики катализаторов. В области концентраций пропиточных растворов 5—30% использование УЗ приводит к увеличению удельной поверхности образца катализатора на 5,5—11,25%, в то время как для носителя эта величина составляет 1,33%. При этом общий объем пор снижается для 5, 10, 30%-х пропиточных растворов на 0,8; 11,59; 18,7%, а для носителя 13,7%, соответственно. Методом рентгенофлуоресцентного полуколичественного анализа определен элементный состав образцов и влияние на содержание Al и Mn УЗ-воздействия и выявлено, что при концентрации соли марганца в пропиточном растворе 5% УЗ воздействие не приводит к изменению содержания этих элементов. При более высокой концентрации раствора соли марганца — 10 и 30% масс. влияние УЗ воздействия на элементный состав

катализатора не однозначно. С увеличением концентрации соли марганца, растет содержание марганца в катализаторе как в условиях УЗ так и без него. Наблюдаемое снижение общего объема пор при УЗ может быть связано с более полным заполнением их активным компонентом, и чем больше концентрация пропиточного раствора, тем больше марганца находится в порах носителя. Общая же удельная поверхность увеличивается.

22.05-01.84 Влияние ультразвука на физикохимические характеристики марганец-оксидных катализаторов окисления углеводородов. *Азмедьянова Р.А., Васильева Э.А., Кутузова Т.М., Мухамедьянова Р.Р., Фам Тхэ Шон, Музипов З.Р. Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского технологического университета — 1998—2015).* 2022. 21, № 8, с. 107-110. Рус.

Получены образцы гетерогенных марганец-оксидных катализаторов пропиткой γ -оксида алюминия избытком водных растворов солей марганца с различным содержанием марганца в условиях ультразвукового (УЗ) воздействия различной мощности и продолжительности и без него. Приведена схема получения гетерогенного марганец-оксидного катализатора пропиткой носителя из избытка водного раствора хлорида марганца (II) методом окунания в УЗ-поле. В качестве источника УЗ использовали технологический аппарат серии «Волна» (модель УЗТА-0,4/22-ОМ), частота УЗ колебаний — 22 кГц. Установлены оптимальные условия УЗ-обработки: продолжительность 5 мин, мощность УЗ 102,2 Вт. Определены физикохимические характеристики образцов катализатора, в том числе удельная поверхность, средний размер пор, объем пор по методу БЭТ. Установлено, что ультразвук оказывает влияние на текстурные характеристики катализаторов. В области концентраций пропиточных растворов 5—30% использование УЗ приводит к увеличению удельной поверхности образца катализатора на 5,5—11,25%, в то время как для носителя эта величина составляет 1,33%. При этом общий объем пор снижается для 5, 10, 30%-х пропиточных растворов на 0,8; 11,59; 18,7%, а для носителя 13,7%, соответственно. Методом рентгенофлуоресцентного полуквантитативного анализа определен элементный состав образцов и влияние на содержание Al и Mn УЗ-воздействия и выявлено, что при концентрации соли марганца в пропиточном растворе 5% УЗ-воздействие не приводит к изменению содержания этих элементов. При более высокой концентрации раствора соли марганца — 10 и 30% масс. влияние УЗ-воздействия на элементный состав катализатора неоднозначно. С увеличением концентрации соли марганца, растет содержание марганца в катализаторе как в условиях УЗ-воздействия, так и без него. Наблюдаемое снижение общего объема пор при УЗ-воздействии может быть связано с более полным заполнением их активным компонентом, и чем больше концентрация пропиточного раствора, тем больше ионов марганца находится в порах носителя. Общая же удельная поверхность увеличивается.

Плазменная акустика

22.05-01.85 Акустоплазменный синтез наночастиц оксидов металлов и создание наноструктурных покрытий на поверхности материалов с использованием ультразвука. *Бульчев Н.А., Муравьев Э.Н., Чернов А.А., Казарян М.А. Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова.* 2013, № 1, с. 80-87. Рус.

Показано, что возникающая в жидкости в интенсивном ультразвуковом поле выше порога кавитации новая форма плазменного разряда, характеризующаяся объемным свечением во всем пространстве между электродами и возрастающей вольтамперной характеристикой, может быть эффективно использована для инициирования различных физических и химических процессов. В таком акустоплазменном разряде были синтезированы наночастицы оксидов различных металлов — алюминия, меди, олова, железа, титана, индия, молибдена и др. с контролируемой формой и размером частиц и узким распределением по размерам. Полученные наночастицы были использованы для нанесения покрытий на поверхности различных материалов, в т.ч. стекла и полимеров — поликарбонатов, полиакрилатов и др., используемых для создания многослойных стекол.

Ключевые слова: плазма, ультразвук, кавитация, плазмохимические реакции, покрытия, ультразвуковые колебания, наноструктурированные покрытия.

22.05-01.86 Применение акустоплазменного разряда в жидких средах для синтеза водорода. *Бульчев Н.А., Муравьев Э.Н., Чернов А.А., Казарян М.А. Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова.* 2013, № 2, с. 27-30. Рус.

Показано, что инициируемая в жидкофазных средах в разрядном промежутке между электродами низкотемпературная плазма способна эффективно разлагать водородсодержащие молекулы органических соединений с образованием газообразных продуктов, в которых доля водорода составляет более 90% (по данным газовой хроматографии). Предварительные оценки энергетического КПД, рассчитанного с учетом теплоты сгорания водорода и исходных веществ, а также затрат электроэнергии показали уровень КПД порядка 60—70% в зависимости от состава исходной смеси. Были проведены также теоретические расчеты напряжения и тока разряда при моделировании процесса, которые согласуются с данными эксперимента. Ключевые слова: Плазма, ультразвуковая кавитация, водород.

22.05-01.87 Синтез бактерицидных наночастиц в акустоплазменном разряде и создание антибактериальных текстильных материалов. *Бульчев Н.А., Муравьев Э.Н., Чернов А.А., Казарян М.А. Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова.* 2013, № 2, с. 94-99. Рус.

Показано, что возникающая в жидкости в интенсивном ультразвуковом поле выше порога кавитации новая форма плазменного разряда, характеризующаяся объемным свечением во всем пространстве между электродами и возрастающей вольтамперной характеристикой, может быть эффективно использована для инициирования различных физических и химических процессов. В таком акустоплазменном разряде были синтезированы наночастицы оксидов различных металлов — алюминия, меди, олова, железа, титана, индия, цинка, молибдена и др. с контролируемой формой и размером частиц и узким распределением по размерам. Полученные наночастицы оксида цинка, обладающие бактерицидными свойствами были использованы для нанесения на поверхность текстильных материалов для придания им бактерицидных свойств. Ключевые слова: плазма, ультразвуковая кавитация, наночастицы, бактерицидные текстильные материалы.

22.05-01.88 Получение наночастиц оксида вольфрама в плазменном разряде под действием ультразвука и их свойства. *Бульчев Н.А., Муравьев Э.Н., Чернов А.А., Казарян М.А. Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова.* 2015, № 3, с. 66-70. Рус.

Показано, что плазменный разряд в жидкости в интенсивном ультразвуковом поле выше порога кавитации может быть эффективно использован для инициирования различных физических и химических процессов. В таком акустоплазменном разряде были синтезированы наночастицы оксида вольфрама с контролируемой формой и размером частиц и узким распределением по размерам. Исследование наночастиц показало, что ультразвуковая кавитация при синтезе оказывает существенное влияние на их физико-химические.

22.05-01.89 Плазмохимические реакции в жидких средах под действием акустоплазменного разряда. *Бульчев Н.А., Муравьев Э.Н., Чернов А.А., Казарян М.А. Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова.* 2014, № 3, с. 14-21. Рус.

Показано, что инициируемая в жидкофазных средах в разрядном промежутке между электродами низкотемпературная плазма способна эффективно разлагать водородсодержащие молекулы органических соединений с образованием газообразных продуктов, в которых доля водорода составляет более 90% (по данным газовой хроматографии). Предварительные оценки энергетического КПД, рассчитанного с учетом теплоты сгорания водорода и исходных веществ, а также затрат электроэнергии показали уровень КПД порядка 60—70% в зависимости от состава исходной смеси. Были проведены также теоретические расчеты напряжения и тока разряда при моделировании про-

цесса,

22.05-01.90 О некоторых возможных применениях люминофоров длительного послесвечения. *Большугин В.А., Булычев Н.А., Гарелина С.А., Казарян М.А., Муравьев Э.Н., Чернов А.А. Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова.* 2014, № 9, с. 3-9. Рус.

Проведено сравнительное исследование спектральных и инерционных свойств различных люминофоров длительного послесвечения, в результате выявлены фотолюминофоры наиболее перспективные для широкого круга применений. В данной работе особое внимание уделено возможности использования фотолюминофоров длительного послесвечения, способных самостоятельно без подводки к ним энергии светится в течение достаточно длительного темного времени суток за счет энергии накопленной в светлое время, в частности для целей и задач, решаемых при особо чрезвычайных обстоятельствах, а также для задач спектрального преобразования в задачах экологии и агропромышленности. Обсуждаются новые физико-технические методы для приготовления фотолюминофорных порошковых материалов, основанных на акустоплазменном способе приготовления материнского сырья с последующим спеканием до необходимых размеров для достижения максимального значения величины значения квантового выхода. Ключевые слова: люминофоры длительного послесвечения, спектральное преобразование, акустоплазменный метод, порошковые материалы.

22.05-01.91 Нелинейное индуцирование акустических возмущений при распространении альфвеновских волн в частично ионизованной плазме. *Белов С.А., Пичугин С.Ю. Кратк. сообщ. по физ. ФИАН.* 2022. 48, № 11, с. 3-8. Рус.

Используя теорию возмущений с точностью до членов второго порядка малости, произведен вывод уравнений, описывающих распространение альфвеновских волн в частично ионизованной плазме. Показано, что альфвеновская волна нелинейно индуцирует возмущения плотностей ионной и нейтральной компонент плазмы.

22.05-01.92 Нелинейные уравнения теории ионно-звуковых волн в плазме. *Корпусов М.О. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 11, с. 1927-1936. Рус.

Выведены новые нелинейные уравнения высокого порядка солоневского типа, описывающие ионно-звуковые волны в плазме во внешнем электрическом или магнитном полях. Несмотря на громоздкий вид уравнений, для исследования соответствующих начальных и начально-краевых задач развиты методы исследования. Так, используя наши результаты, мы в дальнейшем предложим достаточные условия возникновения режимов с обострением.

22.05-01.93 Плазменные, электромагнитные и акустические эффекты метеорита «Челябинск». *Черногор Л.Ф. Инженерная физика.* 2013, № 8, с. 23-40. Рус.

Оценены основные физические эффекты, сопровождавшие падение Челябинского метеорита 15.02.2013. Показано, что основное энерговыделение (около 0,2 Мт) имело место вблизи высоты 25 км, где скорость потерь массы достигала 20 кт/с, энергия оптического свечения — 375 ТДж. Вблизи эпицентра взрыва метеороида давление во фронте ударной волны составляло единицы килопаскалей. Площадь зоны частичных разрушений построек была близка к 6 тыс. км². Пролет метеороида привел к образованию плазменного следа, к заметному возмущению не только нижней, но и верхней атмосферы на удалении не менее 1—2 тыс. км. Величины плазменного, геомагнитного, электрического, электромагнитного и акустического эффектов были значительными. Магнитуда землетрясения, вызванного взрывом метеороида, не превышала 2—3.

22.05-01.94 Взаимосвязь геодезических акустических мод и шира среднего потока при инжекции сверхзвукового молекулярного пучка в токамак HL-2A. *Wang M.Y., Zhou C., Liu A.D., Zhuang G., Feng X., Zhang J., Liu Z.Y., Ji J.X., Zhong X.M., Cheng J., Chen C.Y. Физика плазмы.* 2022. 48, № 4, с. 291-299. Рус.

С использованием ленгмюровских зондов исследовалось взаимодействие между геодезическими акустическими модами (ГАМ), средним потоком и широм среднего потока в условиях периодической инжекции сверхзвуковых молекулярных пучков (SMBI) во время разрядов в режиме L-моды в токамаке HL-2A. Результаты, касающиеся процесса подпитки плазмы с помощью SMBI-инъекции, можно описать следующим образом. Было установлено, что в фазе I, следующей непосредственно за инжекцией пучка, электрическое поле (E_r) и температура (Te) в наибольшей степени реагируют на инжекцию пучка, резко уменьшаясь с увеличением интенсивности турбулентности. В фазе II поле E_r и частота ГАМ значительно возрастают. В фазе III поле E_r продолжает постепенно нарастать вплоть до начала следующего импульса SMBI, тогда как интенсивность ГАМ уменьшается.

22.05-01.95 Модифицированное уравнение Кадомцева—Петвиашвили для описания нелинейных возмущений в плазме запыленной экзосферы Луны. *Кассем А.И., Копнин С.И., Потель С.И., Зеленый Л.М. Физика плазмы.* 2022. 48, № 4, с. 345-351. Рус.

Получено модифицированное уравнение Кадомцева—Петвиашвили, описывающее нелинейную динамику почти одномерных волновых структур в пылевой плазме над освещенной частью Луны в ситуации, когда локализация вдоль вектора магнитного поля, значительно сильнее, чем в других направлениях. Полученное уравнение отличается от обычного уравнения Кадомцева—Петвиашвили неаналитичностью в его нелинейном слагаемом. Полученное модифицированное уравнение Кадомцева—Петвиашвили отличается от обобщенного уравнения Кадомцева—Петвиашвили, в которых нелинейность остается такой же, как и в обычном уравнении Кадомцева—Петвиашвили, но учитываются дисперсионные поправки высшего порядка. Найдена аналитическая формула для одномерного солитонного решения модифицированного уравнения Кадомцева—Петвиашвили. Данное решение отличается от хорошо известных одномерных солитонных решений уравнения Кортевега—де Фриза и обычного уравнения Кадомцева—Петвиашвили. Проведен анализ устойчивости одномерного солитонного решения, который показывает, что данное решение устойчиво. Обсуждаются возможные применения рассмотренных солитонов, с точки зрения описания так называемых переходных лунных явлений, представляющих собой короткоживущий свет, цвет или изменение внешнего вида на поверхности Луны.

22.05-01.96 Нелинейные волновые структуры, формируемые электронно-звуковыми волнами в неэкстенсивной замагниченной электрон-позитрон-ионной плазме. *Maity R., Sahu B. Физика плазмы.* 2022. 48, № 4, с. 359-369. Рус.

Исследуется нелинейное распространение электронно-звуковых волн в многокомпонентной бесстолкновительной замагниченной плазменной системе, состоящей из холодной подвижной электронной жидкости, горячих электронов и позитронов, характеризуемых неэкстенсивным распределением с индексом q , и неподвижных положительных ионов. Для сведения основной системы уравнений динамики жидкости к нелинейному уравнению Лидке—Шпачека используются методы теории возмущений. С использованием интегрируемости по Пенлеве нелинейных уравнений сплошных сред и преобразования Бэклунда получены некоторые аналитические решения уравнения нелинейной динамики. Кроме того, на основе графиков обсуждается влияние различных параметров плазмы на характеристики нелинейных волн, таких как одиночные солитоны, двугорбые солитоны, «бризеры», а также периодические и «блуждающие» волновые структуры.

22.05-01.97 Профиль уединенной ионно-звуковой волны в плазме с отрицательными ионами. *Медведев Ю.В. Физика плазмы.* 2022. 48, № 5, с. 410-429. Рус.

Представлен метод для численного расчета профиля уединенной ионно-звуковой волны в плазме с отрицательными ионами и, как частный случай, в электрон-ионной плазме. Предложены новые формулы для аналитического описания профиля уединенной волны сжатия и профиля уединенной волны разре-

жения при малых амплитудах. Проведено сравнение профилей уединенных волн, рассчитанных по предложенным здесь и по известным формулам, как между собой, так и с соответствующими профилями, полученными с помощью решения полной системы уравнений, описывающей плазму. В большинстве случаев наименьшее отклонение от решения полной системы уравнений имеет профиль, рассчитанный по предлагаемым формулам.

22.05-01.98 К вопросу о роли магнитных полей в плазме запыленной экзосферы Луны. *Попель С.И., Голубь А.П., Кассем А.И., Зеленый Л.М. Физика плазмы.* 2022. 48, № 5, с. 451-456. Рус.

Изучается возможное влияние магнитного поля хвоста земной магнитосферы, а также магнитного поля в областях магнитных аномалий Луны на процессы формирования пылевой плазмы над Луной. Показано, что благодаря действию магнитных полей в хвосте магнитосферы Земли возможен перенос частиц заряженной пыли над лунной поверхностью на большие расстояния. Соответственно, пылевая плазма над освещенной Солнцем поверхностью Луны может существовать для всего диапазона лунных широт. Перенос пылевых частиц на большие расстояния за счет нескомпенсированной магнитной части силы Лоренца является новым качественным эффектом, не существующим в отсутствие магнитного поля. Магнитная часть силы Лоренца, действующей на пылевую частицу, для полей магнитных аномалий либо меньше, либо сопоставима с аналогичной силой, вычисленной для магнитных полей хвоста магнитосферы Земли на орбите Луны. Однако из-за существенной локализации областей магнитных аномалий их влияние на динамику заряженных пылевых частиц над Луной не приводит к новым качественным эффектам.

22.05-01.99 Нагрев газа в условиях пульсирующего поперечно-продольного разряда в дозвуковых и сверхзвуковых воздушных потоках. *Шибков В.М., Корнев К.Н., Лозунов А.А., Нестеренко Ю.К. Физика плазмы.* 2022. 48, № 7, с. 648-656. Рус.

Приведены результаты экспериментальных исследований нестационарного пульсирующего поперечно-продольного разряда, создаваемого в высокоскоростных потоках воздуха и пропан-воздушной смеси. Показано, что в условиях изучаемого разряда вблизи электродов газ сильно нагревается до температур 6000–9000 К, при этом температура газа растет с увеличением разрядного тока и скорости воздушного потока. Проведены тестовые эксперименты, результаты которых показывают, что в условиях электродного поперечно-продольного разряда реализуется квазистационарное несамостоятельное горение сверхзвукового потока пропан-воздушной смеси.

22.05-01.100 Пылевые ионизационные и пылевые акустические волны в газовом разряде постоянного тока при низком давлении в условиях микрогравитации. *Жуковецкий Д.И. Физика плазмы.* 2022. 48, № 10, с. 910-913. Рус.

Предложена единая теория пылевых ионизационных волн (ПИВ), обнаруженных в недавнем эксперименте, и пылевых акустических волн (ПАВ). ПИВ возникают из-за осцилляций скорости электронно-ионной рекомбинации на поверхности пылевых частиц. Теоретический подход основан на уравнениях движения и непрерывности для пылевых частиц, уравнении баланса для холодных ионов, распределении Больцмана для горячих электронов и уравнении Пуассона. Получено единое дисперсионное соотношение, позволяющее интерпретировать закономерности ПИВ и ПАВ, наблюдаемые экспериментально.

22.05-01.101 Граничная задача для плоских нелинейных уединенных волн в плазме в приближении холловской мгд. *Гавриков М.Б., Тагорский А.А. Физика плазмы.* 2022. 48, № 10, с. 944-950. Рус.

Приведены уравнения плоских нелинейных бегущих волн в проводящей среде с током, включая плазму, в рамках холловской магнитной гидродинамики. При этом уравнения учитывают явления масштаба бестолковительной ионной скин-длины. Для изотермической плазмы, покоящейся на бесконечности, численно решена граничная задача нахождения плоских уединенных волн, параметры которых имеют заданные значе-

ния на бесконечности и бегущих по пространству с заданной фазовой скоростью. Аналитически найдены диапазоны изменения фазовой скорости, для которых граничная задача разрешима. Показано, что существуют два семейства решений граничной задачи, различающиеся величиной фазовой скорости — быстрые волны, фазовая скорость которых больше звуковой, и медленные волны с фазовой скоростью меньше звуковой. Проведена верификация найденных уединенных волн подстановкой их в уравнения холловской магнитной гидродинамики.

22.05-01.102 Влияние ионно-звуковых солитонов на функции распределения фоновой плазмы. *Трухачев Ф.М., Васильев М.М., Петров О.Ф. Физика плазмы.* 2022. 48, № 10, с. 967-974. Рус.

В рамках МГД-модели проведен анализ динамики ансамблей ионов фоновой плазмы в присутствии ионно-звуковых солитонов. Найдена функция распределения по скоростям для ионов, возмущенная солитонами. Показано, что солитоны трансформируют исходное равновесное распределение ионов к виду, который сходен с распределением плазмы, содержащей пучок ионов. Определены характерные особенности возмущенной ионной функции распределения, соответствующей солитонам различной амплитуды. Рассмотрен случай движения каскада солитонов, часто наблюдаемый на практике.

См. также **22.05-01.36, 22.05-01.79**

Поверхностные волны в твердых телах и жидкостях

22.05-01.103 Помехоустойчивое кодирование радиометок RFID на поверхностных акустических волнах. *Чебаев В.О. Вопросы радиоэлектроники.* 2020, № 9, с. 22-29. Рус.

Статья посвящена актуальной проблеме создания систем RFID на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Рассматривается время — позиционный код системы RFID. Для повышения помехоустойчивости системы предлагается использовать код Рида—Соломона, что, однако, влечет за собой ухудшение информационной емкости. Процедура кодирования оптимизирована для случая, когда прием кодов радиометок осуществляется корреляционным способом. Подробно описана процедура получения кода с использованием среды Matlab. Рассмотрено декодирование кода радиометки на основе алгоритма Берлекэмп—Месси, позволяющее считывать коды и исправлять ошибки декодирования в реальном времени. Проведен сравнительный анализ вероятности ошибки считывания кода метки в гауссовском канале при заданном отношении сигнал—шум без использования и с использованием предложенного кодирования. Приведены рекомендации для более общего случая помехоустойчивого кодирования в системах RFID на ПАВ.

22.05-01.104 Результаты применения дискретного косинусного преобразования к задаче корреляционного разрешения коллизий в системах RFID на поверхностных акустических волнах. *Чебаев В.О. Вопросы радиоэлектроники.* 2020, № 10, с. 13-22. Рус.

Статья посвящена системе RFID на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Рассматривается вопрос разрешения коллизий корреляционным способом. Разрешение коллизий производится по двум корреляционным признакам: корреляционной функции сигнала и корреляционной функции дискретного косинусного преобразования (ДКП) от сигнала. Создана программа, реализующая такой алгоритм разрешения коллизий. Для создания коллизий использовалась имитационная модель радиометки RFID. Имитационная модель генерирует отклик радиометки со «своим» или со случайным кодом либо генерирует коллизию откликов со случайными кодами, которая может содержать «свой» код. Приведены результаты работы алгоритма для случаев считывания от двух до десяти меток одновременно. Помимо основной функции алгоритм реализует помехоустойчивое кодирование и декодирование кодов меток с целью устранения ошибок считывания для случая, когда коллизии нет, но высок уровень канального шума. Помехоустойчивое кодирова-

ние осуществляется кодами Рида—Соломона.

22.05-01.105 Расчет акустического поля при контроле изделий волнами Рэлея. *Полупан А.В. Авиакосмическое приборостроение.* 2006, № 4, с. 5343. Рус.

Получены уточненная модель акустического поля излучения-приема для волны Рэлея, учитывающая расхождение, а также результаты расчетов.

22.05-01.106 Сравнение основных аспектов современных подходов к разработке фильтров на поверхностных акустических волнах: модель связанных мод и метод конечных элементов. *Койгеров А. Физика волновых процессов и радиотехнические системы.* 2022. 25, № 2, с. 28-39. Рус.

Рассмотрены основные вопросы проектирования фильтров на поверхностных акустических волнах. Представлен тип полосно-пропускающего фильтра на основе продольных резонансных мод. Рассмотрены особенности расчета на базе двух подходов: модель связанных мод и метод конечных элементов. Предложены практические рекомендации для сокращения времени расчета фильтров при численном моделировании. Приведены и сопоставлены результаты расчета и измерения коэффициента передачи фильтра на вытекающих поверхностных акустических волнах на подложке 36° УХ-среза танталата лития. Выделены и проанализированы основные аспекты и направления, по которым можно сравнить рассмотренные в работе способы моделирования. Показано, что использование разных подходов моделирования позволяет повысить эффективность разработки, а быстрые аналитические модели необходимы для синтеза и оптимизации параметров фильтров.

Акустоэлектроника

22.05-01.107 Анализ распространения свч волн Лэмба в пьезоэлектрической слоистой структуре на основе алмаза. *Квашин Г.М., Сорокин Б.П., Бурков С.И. Авиакосмическое приборостроение.* 2022. 25, № 3, с. 595-602. Рус.

Выполнено 1D и 2D моделирование возбуждения и распространения волн Лэмба в пьезоэлектрических слоистых структурах “Al/AlN/(100) алмаз” и “Al-VШП/AlN/(100) алмаз” (с конфигурацией ПАВ-резонатора) соответственно. Рассчитано распределение упругих смещений в волнах Лэмба различных порядков, идентифицированы типы мод и исследованы дисперсионные зависимости фазовых скоростей, включая возбуждение на сверхвысоких частотах. Значения фазовых скоростей, вычисленные из 1D и 2D моделей, находятся в хорошем соответствии с найденными из эксперимента. Показано, что выше частоты синхронизма ВШП в этих структурах возникают резонансы, связанные с возбуждением волн Лэмба в подложке. Добротность этих резонансов гораздо выше, чем у резонансов на поверхностных акустических волнах, что подтверждено экспериментальными данными. Рассчитанные из 2D модели амплитудно-частотные характеристики и частотные зависимости добротности находятся в хорошем соответствии с экспериментом.

22.05-01.108 Трехкратная брэгговская дифракция бesselевых световых пучков на ультразвуке в одноосных кристаллах. *Кулак Г.В., Кулаков С.В., Ропот П.И., Шакин О.В. Журнал прикладной спектроскопии.* 2021. 88, № 3, с. 493-498. Рус.

Исследована неколлинеарная трехкратная акустооптическая дифракция бesselевых световых пучков на ультразвуке в одноосных кристаллах. Получено выражение для комплексной векторной амплитуды дифрагированной волны в векторно-матричной форме в условиях точного брэгговского синхронизма. Установлено, что при распространении бesselева светового пучка под малым углом к оптической оси кристалла дифрагированные световые пучки испытывают трехкратную брэгговскую дифракцию с различной эффективностью. При точном выполнении условий брэгговского синхронизма возможен случай дифракции, когда дифрагированные световые пучки имеют одинаковую интенсивность; в отсутствие брэгговского синхронизма такой особенности дифракции не наблюдается. При

больших частотных отстройках брэгговского синхронизма интенсивность света в третьем дифракционном порядке значительно снижается, вплоть до нулевого значения.

22.05-01.109 Эквивалентная схема замещения диэлектрика в широком диапазоне частот (0 Гц — 500 МГц). *Дмитриков В., Шушпанов Д. Физика волновых процессов и радиотехнические системы.* 2022. 25, № 3, с. 43-57. Рус.

По измеренным частотным характеристикам сопротивлений реальных диэлектриков была построена эквивалентная схема замещения диэлектрика, работающая в широком диапазоне частот (0 Гц — 500 МГц). Данная схема замещения была построена с учетом физических процессов, протекающих в диэлектрике. В работе была сделана попытка объяснить почему частотные характеристики (модуль и фаза) комплексного сопротивления диэлектрика имеют такой характер в широкой полосе частот (до 500 МГц). Показано, что для построения схемы замещения диэлектрика (структуры и параметров) измерения только модуля сопротивления диэлектрика недостаточно, необходимо измерять также фазу комплексного сопротивления диэлектрика, что во многих работах по синтезу схемы замещения диэлектрика игнорируется.

22.05-01.110 Влияние упругих деформаций на спектр дипольных спиновых волн в латеральной системе магнитных кристаллов с пьезоэлектрическим слоем. *Грачев А.А., Mruczkiewicz M., Бегичин Е.Н., Садовников А.В. Физика твердого тела.* 2022. 64, № 9, с. 1345-1350. Рус.

С помощью численного моделирования выявлены закономерности управления спектром дипольных спиновых волн в латеральных гетероструктурах, образованных из двух магнитных кристаллов с пьезоэлектрическим слоем, размещенным на одном из них. Показано управление электрическим полем пространственных и передаточных характеристик дипольных спиновых волн в латеральных гетероструктурах. На основе метода конечных элементов проведена оценка влияния распределенных упругих деформаций на величины внутренних магнитных полей в магнитных кристаллах. На основе результатов численного моделирования дана физическая интерпретация явления трансформации спектра собственных мод связанных магнитных кристаллов. Ключевые слова: спиновые волны, магнетика, стрейнтроника, латеральные структуры.

22.05-01.111 Кристаллическая структура, микроструктура, пьезоэлектрические и диэлектрические свойства высокотемпературной пьезокерамики $\text{Bi}_{3-x}\text{Nd}_x\text{Ti}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_9$ ($x=0, 0.1, 0.2$). *Зубков С.В., Паринюв И.А., Назаренко А.В., Куприна Ю.А. Физика твердого тела.* 2022. 64, № 10, с. 1475-1482. Рус.

Методом высокотемпературной твердотельной реакции синтезирован новый ряд перовскитоподобных оксидов $\text{Bi}_{3-x}\text{Nd}_x\text{Ti}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_9$ ($x=0, 0.1, 0.2$). Рентгеноструктурное исследование показало, что соединения однофазны и имеют структуру семейства фаз Ауривиллуса с параметрами, близкими к орторомбической элементарной ячейке, соответствующей пространственной группе $A2_1am$. Измерены зависимости относительной диэлектрической проницаемости ϵ/ϵ_0 и тангенса угла потерь $\text{tg}\sigma$ от температуры на разных частотах. Для синтезированных соединений измерен пьезомодуль d_{33} . Получена микроструктура $\text{Bi}_{3-x}\text{Nd}_x\text{Ti}_{1.5}\text{W}_{0.5}\text{O}_9$ ($x=0, 0.1, 0.2$). Изучение микроструктуры показывает, что кристаллиты имеют форму, характерную для семейства фаз Ауривиллуса. Ключевые слова: фазы Ауривиллуса, перовскитоподобные оксиды, энергия активации, температура Кюри.

22.05-01.112 Влияние легирующей примеси на пьезоэлектрические и диэлектрические свойства тонких пленок $\text{Bi}_{3.25}\text{La}_{0.75}\text{Ti}_{3-x}\text{A}_x\text{O}_{12}$ ($A — \text{Mn, Zr, Nb}$). *Киселев Д.А., Старухина С.С., Ильина Т.С., Кухарская Н.Ф., Нарышкина В.Г., Сивов А.А., Чучева Г.В. Физика твердого тела.* 2022. 64, № 10, с. 1483-1488. Рус.

Показано, что в пленках на основе лантанзамещенного титаната висмута (BLT) в зависимости от материала легирующей примеси происходят изменения микроструктуры, диэлектрических и пьезоэлектрических свойств, что приводит к измене-

ниям коэрцитивного напряжения, внутреннего поля смещения и коэффициента управления. Ключевые слова: lead-free сегнетоэлектрические пленки, титанат висмута, электрофизические свойства, вольт-фарадные характеристики, силовая микроскопия пьезоэлектрического отклика.

22.05-01.113 Исследование пьезоэлектрических свойств кристаллов бифталата рубидия методом времязрешающей трехкристалльной рентгеновской дифрактометрии. *Ибрагимов Э.С., Куликов А.Г., Марченко Н.В., Писаревский Ю.В., Благов А.Е., Ковальчук М.В. Физика твердого тела.* 2022. 64, № 11, с. 1760-1765. Рус.

С использованием метода времязрешающей рентгеновской дифрактометрии в трехкристалльной схеме измерена деформация решетки кристалла бифталата рубидия ($C_8H_5RbO_4$) во внешнем электрическом поле. При воздействии внешнего импульсного электрического поля вдоль полярной оси [001] независимо по трем рефлексам 400, 070 и 004 определены пьезоэлектрические модули d_{31} , d_{32} и d_{33} , значения которых составили соответственно -32.8 ± 0.6 , 12.8 ± 0.3 и 21.8 ± 1.2 pC/N. Обнаружено хорошее соответствие полученных в данной работе величин пьезоэлектрических модулей значениям, полученным ранее квазистатическим методом. Ключевые слова: пьезоэлектрический эффект, времязрешающая рентгеновская дифрактометрия, трехкристалльная схема дифракции, кристаллы бифталатов, внешнее электрическое поле.

22.05-01.114 Акусто-резонансная спектроскопия пьезоэлектрических кристаллов при неоднородном разогреве. *Алоян Г.А., Коваленко Н.В., Грищенко И.В., Коняшкин А.В., Рябушкин О.А. Акустический журнал.* 2022. 68, № 5, с. 479-487. Рус.

Представлены экспериментальные результаты исследования эквивалентной температуры кристаллов кварца при наличии контролируемого линейного градиента термодинамической температуры. В условиях неоднородного разогрева эквивалентная температура кристаллов определялась по измерению частот собственных мод акустических резонансов на основании предварительной калибровки резонансных частот при однородном разогреве. Показано, что эквивалентная температура, определяемая таким образом, характеризует усредненную термодинамическую температуру кристалла. Проведено математическое моделирование неоднородного разогрева кристалла, в том числе лазерным излучением. Ключевые слова: пьезоэлектрический резонанс, эквивалентная температура, акустические моды, градиент температуры, кристалл кварца.

22.05-01.115 О методе акустоэлектрического преобразования на основе электрокинетических явлений. *Шарфарец Б.П., Дмитриев С.П., Курочкин В.Е., Сергеев В.А. Акустический журнал.* 2022. 68, № 5, с. 571-578. Рус.

Предложена математическая модель функционирования акустоэлектрического преобразователя, основанного на использовании электрокинетического явления — потенциала течения. Теоретически показано, что потенциал течения растет пропорционально величине напряженности постоянного электрического поля накачки. Это утверждение экспериментально подтверждено. Показано, что описываемый преобразователь обладает переменной чувствительностью. Экспериментально выявлено наличие насыщения в этом процессе, обусловленное физикой процесса — его нелинейностью, а также возникновением режима турбулентного движения жидкости в теле преобразователя. Теория акустоэлектрического преобразователя, основанная на электрокинетическом явлении потенциал течения, идентична теории акустоакустического преобразования, основанной на обратном потенциалу течения электрокинетическом явлении электроосмоса. Измеренная чувствительность преобразователя превосходит чувствительность аналогов. Полученные в работе результаты могут быть использованы в теории и практике конструирования обратимых электроакустических и акустоэлектрических преобразователей. Ключевые слова: акустоэлектрическое преобразование, электрокинетические явления, потенциал течения, гидродинамика потенциал течения, нелинейный режим течения жидкости, накачка энергии, чувстви-

тельность электрокинетического микрофона.

22.05-01.116 Магнитоупругое электромагнитно-акустическое преобразование. Часть 8. *Комаров В.А. Контроль. Диагностика.* 2022. 25, № 9, с. 24-34. Рус.

Рассмотрена генерация нулевых мод волн Лэмба в магнитоупругой проводящей пластине толщиной $2d$ при ограничении $qt \cdot d < 1$ с помощью модели излучателя в виде разнесенных между собой проводников с переменными токами противоположных фаз. Показано, что волны Лэмба в отличие от объемных волн формируются при интерференции падающей под углом φ и отраженной волн при условии $\sin \varphi > 1$ [так в статье — ВШ]. Получены выражения для проекций смещений симметричной и антисимметричной мод при эффекте Джоуля и приводятся выражения для проекций смещений при эффекте Видемана. Демонстрируются графики, показывающие, что наибольшая эффективность генерации проявляется в первом варианте при повышенной электропроводности пластин, а во втором варианте — при малых значениях электропроводности образцов.

22.05-01.117 Исследование локальных пьезо- и сегнетоэлектрических свойств в одноионном молекулярном комплексе Zn/Dy. *Иванов М.С., Буряков А.М., Силибин М.В. Письма в Журнал технической физики.* 2022. 48, № 20, с. 22-26. Рус.

Методами локальной атомно-силовой микроскопии в пьезоотклике и импульсной спектроскопии исследованы пьезо- и сегнетоэлектрические свойства в одноионном молекулярном комплексе Zn/Dy. Показано, что выбранная стратегия синтеза интегрированных магнитоэлектрических молекулярных систем позволяет выращивать молекулярные монокристаллы в полярной группе. Продемонстрирована возможность переключения собственной доменной структуры при приложении напряжения смещения $+15$ V, а также возможность изменения наведенной доменной структуры (переполаризации) при приложении напряжения смещения -20 V. Вычислен эффективный локальный пьезоэлектрический коэффициент d_{33} , который достигает порядка 14 pm/V при приложении напряжения смещения 50 V. Ключевые слова: интегрированные магнитоэлектрические молекулярные системы, одноионный молекулярный хиральный комплекс, Zn/Dy, атомно-силовая микроскопия пьезоотклика.

22.05-01.118 Исследование подходов к получению пьезокерамики BaTiO₃: влияние метода формования и размера частиц порошка. *Смирнов А.В., Холодкова А.А., Шишковский И.В. Письма в Журнал технической физики.* 2022. 48, № 21, с. 10-13. Рус.

первые показана возможность получения образцов пьезокерамики BaTiO₃ с величинами пьезомодуля d_{33} в диапазоне 240—270 pC/N из коммерчески доступного порошка методами вибрационного прессования и полусухого прессования без применения затратных методов допирования и/или легирования исходного порошка и текстурирования пьезокерамики. Метод вибрационного прессования с давлением 10 МПа позволяет получать структуру и свойства образцов, схожие с получаемыми методом полусухого прессования с давлением 100 МПа. Ключевые слова: бессвинцовая пьезокерамика, титанат бария, пьезоэлектрические свойства, вибрационное прессование, прессование.

Акустические явления в метаматериалах

См. 22.05-01.74

Магнитоакустический эффект, осцилляции и резонанс

См. 22.05-01.116

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

22.05-01.119 Расчет осаждения струи капельной влаги моментным методом. *Котеров В.Н., Романенко Р.И. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 10, с. 1672-1683. Рус.

На примере задачи расчета осаждения шлейфа мелкодисперсной капельной влаги, образованного компактным источником в потоке воздуха, проводится верификация моментного метода приближенного решения уравнения переноса и диффузии полидисперсной среды. Формулируется способ замыкания бесконечной цепочки моментных уравнений. Результаты расчетов уравнения переноса и диффузии сравниваются с расчетами, выполненными по двухмоментному и трехмоментному приближениям.

22.05-01.120 Трехволновый CO₂-лазер с акустооптической модуляцией добротности. Горобец В.А., Лебедев Е.В., Мижучич Р.Ю., Шавель С.С. *Журнал прикладной спектроскопии*. 2020. 87, № 6, с. 873-879. Рус.

Описаны принцип работы и особенности процесса генерации трехволнового CO₂-лазера с акустооптической модуляцией добротности. Оптимизация состава активной среды и условий ее возбуждения, а также выбор генерирующих линий позволяют получать генерацию с выходной мощностью до 5 Вт на линии в устойчивом многоволновом режиме. Продемонстрирован эффективный метод модуляции добротности трехволнового CO₂-лазера, позволяющий управлять выходным излучением как в широком спектральном диапазоне, так и в широкой области частот модуляции. С целью упрощения сбора и обработки данных экспериментально реализован метод разделения сигналов по длинам волн разнесением сигналов во времени с помощью внешнего селективного модулятора.

22.05-01.121 Квантово-каскадные лазеры среднего ИК-диапазона в компактных оптикоакустических газовых сенсорах. Колкер Д.Б., Шерстов И.В., Бойко А.А., Костокова Н.Ю., Ерушин Е.Ю., Павлюк А.В. *Журнал прикладной спектроскопии*. 2022. 89, № 4, с. 580-586. Рус.

Рассматриваются режимы генерации квантово-каскадных лазеров для оптико-акустических сенсоров метана и аммиака, приводятся перестроенные и выходные характеристики данных лазеров в зависимости от тока и температуры. Представлены результаты экспериментов по исследованию концентрационной чувствительности разработанных на основе этих лазеров рабочих образцов приборов, готовых к испытаниям. Показано, что линейный динамический диапазон измерения концентрации метана с помощью исследуемого оптико-акустического газоанализатора составляет приблизительно четыре декады: от ~0.3 до ~2000–3000 ppm CH₄.

22.05-01.122 Лазерное фотоакустическое определение концентрации углеводов в воде. Быковский Ю.А., Ошурко В.Б., Картюк А.Б., Мелехов А.П. *Инженерная физика*. 2001, № 3, с. 4287. Рус.

22.05-01.123 Фотоакустический отклик в полимере при воздействии интенсивного мягкого рентгеновского излучения. Ананьин О.В., Ошурко В.Б., Цззпин Сюй. *Инженерная физика*. 2002, № 1, с. 4213. Рус.

22.05-01.124 Избирательное детектирование нефтяных углеводов в природной воде методом лазерной фотоакустической спектроскопии. Быковский Ю.А., Ошурко В.Б., Картюк А.Б., Мелехов А.П. *Инженерная физика*. 2002, № 1, с. 4211. Рус.

22.05-01.125 Тепловая нелинейность при лазерной фотоакустической томографии неоднородных сред. Ошурко В.Б. *Инженерная физика*. 2004, № 2, с. 4138. Рус.

22.05-01.126 Блочность литосферы Луны и сейсмичность. Танака Сатоши, Хаврошкин О.Б., Цыпляков В.В. *Инженерная физика*. 2012, № 1, с. 39-54. Рус.

Показано существование в литосфере Луны волн двух разновидностей общеизвестного типа и сейсмоакустической природы, последние, как правило, доминируют и затрудняют интерпретацию волнового поля. По своим характеристикам сейсмоэмиссионные сигналы подобны таким же сигналам на Земле, соответственно их свойства хорошо предсказуемы. Деформация литосферы Луны сейсмическими волнами и упругими процессами широкого частотного диапазона сопровождается излучением и модуляцией высокочастотных сейсмоакустических волн эмиссионного типа. Глубинные разломы Луны способствуют

формированию от мощных импактных источников кратных волн типа РКiKP, а также РСР и т.п., при этом временные характеристики модуляционных процессов (СКЛ) и кратных волн — достоверный материал для исследования внутреннего строения Луны, место посадки лунных станций необходимо выбирать с учетом регистрации кратных волн. Ключевые слова: сейсмоакустическая эмиссия, выбросы эмиссии, типизация выбросов, общность лунной и земной эмиссий, кратные волны, глубинные разломы, блочность.

22.05-01.127 Об использовании пьезодатчиков для регистрации акустических импульсов. Самохин А.А. *Инженерная физика*. 2012, № 6, с. 30-34. Рус.

Обсуждаются особенности различных режимов работы пьезодатчиков при регистрации коротких акустических импульсов, связанные, в частности, с граничными условиями на рабочих поверхностях датчиков и другими их характеристиками. Ключевые слова: пьезодатчик, короткий акустический импульс, электрическая поляризация.

22.05-01.128 Новый метод фотоакустического мониторинга процесса лазерной абляции. Ильичев Н.Н., Самохин А.А. *Инженерная физика*. 2013, № 9, с. 38-47. Рус.

Представлен обзор новых возможностей экспериментального исследования лазерной абляции поглощающих конденсированных сред в наносекундном режиме воздействия. Новый метод основан на использовании лазерного импульса с периодически модулированной интенсивностью и акустической диагностики возникающего в облучаемой мишени модулированного импульса давления. Поведение амплитуды и фазы высокочастотной части фотоакустического сигнала дает новую информацию о процессах, происходящих в зоне облучения во время действия лазерного импульса. Амплитуда этой составляющей отклика при малых интенсивностях повторяет амплитуду модуляции лазерного импульса, но при увеличении интенсивности ее поведение становится резко немоноотонным. Этот обнаруженный нами эффект может быть связан с взаимной компенсацией вкладов от теплового и испарительного механизмов генерации акустических сигналов. Фаза высокочастотной части фотоакустического сигнала также не остается неизменной при увеличении интенсивности облучения, причем ее изменение меняет знак с ростом интенсивности. По этому изменению можно оценивать смещение облучаемой поверхности во время действия лазерного импульса.

22.05-01.129 Внутренние тепловые эффекты в аксиальном акустооптическом дефлекторе на базе парателлуриата. Антонов С.Н., Резов Ю.Г. *Акустический журнал*. 2022. 68, № 5, с. 488-495. Рус.

экспериментально исследована тепловая угловая девиация нулевого и рабочего порядков в аксиальном акустооптическом дефлекторе на базе парателлуриата при управляющей мощности до 6.5 Вт в непрерывном режиме. Зональные измерения (у преобразователя, в середине и у поглотителя звука) проведены при вариантах дифракции в +1 и -1 рабочий порядки и показали линейную зависимость угловой девиации от управляющей мощности. Предложено качественное описание девиации рабочего порядка как совместного действия двух факторов: 1) отклонения нулевого порядка при прохождении двух тепловых оптически более плотных призм, прилегающих к преобразователю и поглотителю звука, 2) уменьшения угла дифракции из-за роста скорости звука при нагреве кристалла. При этом неоднородность температурного поля не позволяет однозначно разделить вклады этих факторов в усредненную девиацию рабочего порядка. Показано, что технология жидкостного контакта между тыльной поверхностью пьезопреобразователя и корпусом повышает стабильность параметров дефлектора при прохождении света в зоне, прилегающей к преобразователю. Обнаружено, что при дифракции в +1 порядок между пьезопреобразователем и поглотителем существует зона с минимальной величиной тепловой девиации. Это объясняется взаимной компенсацией девиации нулевого порядка (в поле теплового оптического клина от поглотителя) и фактором увеличения скорости звука. Ключевые слова: анизотропная акустооптическая дифракция, акустооптический дефлектор, аксиальная геометрия, парателлуриат, тепловые эффекты.

22.05-01.130 Влияние аммиака на резонансные свойства структуры "пьезоэлектрический резонатор с поперечным электрическим полем-пленка хитозана". *Зайцев Б.Д., Тельных А.А., Семёнов А.П., Бородин И.А. Акустический журнал.* 2022. 68, № 5, с. 496-500. Рус.

Исследованы параметры резонатора с поперечным электрическим полем с тонкой пленкой хитозана ацетата и хитозана гликолата в смеси "воздух—аммиак". Показано, что с ростом концентрации аммиака максимальное значение реальной части импеданса и резонансная частота резонансных пиков существенно уменьшаются, а на воздухе восстанавливаются. Установлено, что эти эффекты связаны с ростом поверхностной проводимости пленок в присутствии аммиака. При этом времена отклика и релаксации для указанных пленок хитозана существенно различаются. Ключевые слова: пьезоэлектрический резонатор, поперечное возбуждающее электрическое поле, пленки хитозана, аммиак, проводимость пленок, электрический импеданс, резонансная частота.

22.05-01.131 Лазерный оптико-акустический метод оценки локальной микротрещиноватости образцов минералов. *Подымова Н.Б., Соколовская Ю.Г. Известия РАН. Серия физическая.* 2022. 86, № 11, с. 1622-1627. Рус.

Предложен и экспериментально реализован лазерный оптико-акустический метод измерения спектральной мощности импульсов продольных ультразвуковых волн, обратно рассеянных на локальных микротрещинах в образцах полевых шпатов. Установлена прямая корреляция между возрастанием уровня этой мощности и увеличением локальной концентрации микротрещин в образцах.

22.05-01.132 Влияние эффектов быстрой динамики на резонансные ультразвуковые колебания стержней из поликристаллических металлов. *Глазов А.Л., Муратиков К.Л. Письма в Журнал технической физики.* 2022. 48, № 21, с. 27-30. Рус.

Предложена теоретическая модель формирования ультразвуковых сигналов в металлических микрокристаллических стержнях с учетом метастабильного поведения их дефектных состояний. Выполнен анализ влияния метастабильных состояний дефектной структуры образцов на особенности изменения их резонансных частот в ультразвуковых экспериментах быстрой динамики. Объяснено уменьшение модуля Юнга в таких процессах. На примере резонансных упругих колебаний стержней из алюминиевого сплава Д16 продемонстрировано соответствие теоретических и экспериментальных данных. Ключевые слова: нелинейная резонансная ультразвуковая спектроскопия, дефектная структура, механические напряжения, эффекты быстрой и медленной динамики.

См. также **22.05-01.108**

Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

22.05-01.133 Вклад поглощения подложки на формирование второй гармоники нелинейного фотоакустического отклика. *Салихов Т.Х., Меликхуджа Н., Махмалати А., Ходжазонов И.Т. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2019. 62, № 11-12, с. 658-665. Рус.

Разработана теория возбуждения второй гармоники нелинейного ФА-сигнала однослойным образцом, когда подложка, также как и образец, является поглощающей. Получено искомое выражение для колебания температуры в буферном газе. Достаточно подробно изучен случай, когда образец является прозрачным и термически тонким. Выявлены закономерности спада амплитуды возбуждаемого нелинейного ФА-сигнала от частоты модуляции и оптического коэффициента поглощения.

22.05-01.134 Вклад поглощения подложки на формирование второй гармоники нелинейного фотоакустического отклика двухслойных образцов. *Салихов Т.Х., Меликхуджа Н., Махмалати А., Ходжаев Ю.П. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2020. 63, № 3-4, с. 206-215. Рус.

Предложена теория генерации второй гармоники (ВГ) нели-

нейного ФА-сигнала двухслойными твердотельными образцами, когда подложка, также как оба слоя образца, является поглощающей. Получено необходимое выражение для амплитуды ВГ колебания температуры в буферном газе. Детально рассмотрен случай, когда оба слоя образца являются прозрачными и термически тонкими. Найдены особенности зависимости амплитуды этой гармоники нелинейного ФА-сигнала от частоты модуляции и оптического коэффициента поглощения.

22.05-01.135 Особенности частотной зависимости параметров фотоакустического сигнала сверхтекучего раствора Не-Не. *Салихов Т.Х., Давлатджонова Ш.Х., Рахмонов Р.К. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2020. 63, № 11-12, с. 715-722. Рус.

Выполнен анализ частотной зависимости параметров фотоакустического сигнала (ФА), генерируемого сверхтекучим раствором Не-Не в буферный газ. Для двух предельных (сильно и слабопоглощающих) случаев получены достаточно простые формулы для амплитуды и фазы ФА-сигнала и выполнен численный расчет частотных зависимостей этих параметров. Оказалось, что частотная зависимость амплитуды ФА-сигнала представляет собой набор импульсов (гармоник), обусловленные наличием слабозатухающего второго звука в исследуемой системе. Выявлено, что рост амплитуды ФА-сигнала с ростом оптического коэффициента поглощения является нелинейным, а её фаза является слабо чувствительной к вариации коэффициента поглощения.

22.05-01.136 Фототермоакустическое преобразование куммер-гауссовых световых пучков в сенсорных полупроводниковых структурах на основе CdTe. *Итиорич Г.С., Велещук В.П., Гиргель С.С., Лебедева Е.В., Власенко А.И., Левицкий С.Н. Журнал прикладной спектроскопии.* 2020. 87, № 4, с. 672-676. Рус.

Теоретически и экспериментально исследован процесс лазерного фототермоакустического преобразования в сенсорных полупроводниковых структурах. Получено выражение для импульса давления, описывающего эволюцию ультразвукового отклика, возбуждаемого наносекундным лазерным импульсом с куммер-гауссовым распределением интенсивности. Экспериментально продемонстрирована возможность эффективного управления процессом фототермоакустического преобразования лазерных импульсов в полупроводниковых структурах, используемых для создания высокочувствительных детекторов ионизирующего излучения.

22.05-01.137 Динамика решетки халькогенидов меди и серебра. *Биккулова Н.Н., Курбангулов А.Р., Горемычкин Е.А., Акманова Г.Р., Цыганкова Л.В., Сафаралиев Д.И., Нигматуллина Г.Р. Инженерная физика.* 2018, № 1, с. 31-37. Рус.

Приводятся результаты исследований методом неупругого рассеяния нейтронов халькогенидов меди и серебра при температуре 300 К в несуперионной фазе. Получены динамические структурные факторы и обобщенные плотности фононных состояний данных соединений. Неупругие пики, наблюдаемые при энергиях 3–4 МэВ, предположительно соответствуют акустическим колебаниям фононов. Фононные спектры халькогенидов меди и серебра имеют особенности, характерные для структурно-разупорядоченных соединений. Ключевые слова: динамика решетки, неупругое рассеяние нейтронов, халькогениды меди и серебра, фононный спектр, суперионные проводники.

22.05-01.138 Активная высокочастотная акустическая термометрия мерзлых водонасыщенных сред. *Юсупов В.И., Семилетов И.П., Черных Д.В., Саломатин А.С. Акустический журнал.* 2022. 68, № 5, с. 501-509. Рус.

Обсуждается перспективный метод активной высокочастотной акустической термометрии, основанный на измерении длительности сигнала обратного рассеяния ультразвуковых импульсов Δt в верхнем слое водонасыщенных пород или донных осадков. Предложена акустическая модель, объясняющая возникновение сильной зависимости длительности этого сигнала от температуры в области нулевых и отрицательных температур. Показано, что Δt при уменьшении температуры возрастает.

тает как из-за увеличения коэффициента отражения ультразвуковых волн от слоистой структуры, так и благодаря уменьшению коэффициента поглощения в водонасыщенной среде. Натурные исследования, выполненные на обширном участке арктического шельфа, подтвердили наличие такой зависимости. Предложенный подход может оказаться эффективным для осуществления дистанционного наблюдения за температурными изменениями в мерзлых водонасыщенных породах на суше и верхнем слое донных осадков на мелководном арктическом шельфе, что необходимо для оценки различных, в том числе, экологических рисков, связанных с глобальным потеплением. Ключевые слова: обратное рассеяние, акустический сигнал, мерзлота, арктический шельф.

22.05-01.139 Одномерная обратная задача пассивной акустической термометрии с использованием уравнения теплопроводности: компьютерное и физическое моделирование. *Аносов А.А.* *Акустический журнал*. 2022. 68, № 5, с. 562-570. Рус.

Предложен и экспериментально опробован на модели алгоритм восстановления меняющегося во времени одномерного распределения глубинной температуры тела человека при локальном нагреве. В алгоритм заложено требование, что температура подчиняется уравнению теплопроводности, интегрирование которого с весом, учитывающим поглощение в объекте, позволяет получить временную зависимость акустической температуры (измеряемого сигнала), которая, в свою очередь, определяется параметрами уравнения. Искомая температура получается при решении уравнения теплопроводности с найденными параметрами. В алгоритме восстанавливаются два параметра: кровоток и амплитуда источника нагрева, которые не определяются каждый раз заново, а лишь уточняются. При этом увеличивается время интегрирования, но не страдает временное разрешение — получать новые результаты можно через любой промежуток времени. После двухминутного нагрева можно восстановить температуру и размер нагретой области с точностью, приемлемой для медицинских приложений: 0.5°C и 0.5 мм соответственно. Ключевые слова: пассивная акустическая термометрия, тепловое акустическое излучение, восстановление глубинной температуры.

См. также **22.05-01.128**

Химические процессы и фазовые переходы при воздействии ультразвука

См. **22.05-01.83**, **22.05-01.84**

Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

Акустика океана, гидроакустика

Акустика мелкого моря

22.05-01.142 Современные методы и аппаратные средства для систем экологического мониторинга водной среды. *Ильясов И.Р., Мухамадиев А.А., Ураксеев М.А.* *Экологические системы и приборы*. 2010, № 5, с. 1054. Рус.

Приведен обзор современных методов мониторинга водных сред. Произведен анализ устройств исследования водной среды, применяемых в системах экологического мониторинга и предложен принципиально новый метод, основанный на акустооптическом эффекте. Описаны принципы построения акустооптических спектрометров. Ключевые слова: экологический мониторинг; методы анализа и контроля воды; акустооптический спектрометр.

22.05-01.143 Инструментальные наблюдения изменчивости гидрофизического режима среднего Каспия в июле 2008 года. *Амбросимов А.К., Либина Н.В.,*

22.05-01.140 Моделирование влияния вибраций на поверхностное натяжение капли жидкости с применением бессточных методов. *Давлятшин Р.П., Перминов А.В., Баяндин Ю.В., Сауседо-Зендехо Ф.Р., Трушников Д.Н.* *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. 2022, № 2, с. 73-84. Рус.

Применение вибрационных воздействий для целенаправленного влияния на такие процессы, как формирование капли, формирование ванны расплава и кристаллизация наплавленного валика, позволяет управлять тепломассопереносом в жидкости, процессом кристаллизации и формой валика в технологических процессах наплавки. Рассматривается влияние вибрационных воздействий на характер движения жидкости в капле, которое отражается в изменении значения коэффициента поверхностного натяжения. Предложена математическая модель течения жидкости с учетом силы поверхностного натяжения в формализме метода гидродинамики сглаженных частиц. Этот метод позволяет напрямую учитывать влияние вибрационных воздействий через введение дополнительных граничных условий. Верификация разработанной математической модели проведена в сравнении с натурными экспериментами, в которых определялась зависимость величины коэффициента поверхностного натяжения от амплитуды скорости вибрационных воздействий. Для определения коэффициента поверхностного натяжения реализовано два метода: метод висячей капли и стагагмометрический метод. Реализованная модель удовлетворительно описывает эффект снижения коэффициента поверхностного натяжения для воды. Проведена серия численных экспериментов по определению влияния вибрационных воздействий на значение коэффициента поверхностного натяжения для стали марки 12X18H10T. Выявлено, что при вибрациях с амплитудой скорости, равной 2,0 м/с, наблюдается снижение значения коэффициента поверхностного натяжения на 30%. Снижение коэффициента поверхностного натяжения должно облегчить реализацию непрерывного стекания металла с проволоки, что может положительно сказаться на формировании металла при проволочной наплавке. Таким образом предложенная математическая модель позволяет явно моделировать эффект влияния вибрационных воздействий на значение коэффициента поверхностного натяжения и позволит в дальнейшем исследовать влияние вибрационных воздействий при аддитивном производстве.

22.05-01.141 Совершенствование технологии контроля оси колесной пары ультразвуковым методом на основе дефектоскопов с антенными решетками. *Кондратенко Е.В., Брылова Т.Б.* *Приборы*. 2022, № 9, с. 42-53. Рус.

Корж А.О. *Экологические системы и приборы*. 2010, № 9, с. 625. Рус.

Проведены исследования пространственной изменчивости гидрофизических параметров в западной части Среднего Каспия во второй половине июля 2008 г. Методы наблюдений включали в себя: выполнение регулярных станций СТД-зондирований и буксировки доплеровского акустического профилографа течений (ADCP) для получения квазимгновенных разрезов течений. Показано, что в конце июля в западной части Среднего Каспия гидрологическая вертикальная структура вод имеет ярко выраженный двухслойный характер. Над и под термоклином скорости и направления течений неоднородны и различаются как по направлению, так и по интенсивности. В прибрежной области Западного Каспия был инструментально обнаружен локальный апвеллинг, который также хорошо прослеживался на поверхности моря по спутниковым картам, полученным с ИСЗ AQUA. В прибрежной области фиксировались мезомасштабные вихри. Ключевые слова: зондирование; температура; термоклин; скорости течения; апвеллинг; вихри.

22.05-01.144 Математическое моделирование опасных явлений природного характера в мелководном водоеме. *Атаян А.М., Никитина А.В., Сузинов А.И., Чистяков А.Е.* Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 2, с. 270-288. Рус.

Работа посвящена построению и исследованию взаимосвязанных математических моделей гидрофизики и биологической кинетики, используемых для прогнозирования опасных явлений природного характера, возникающих в мелководных водоемах. На распространение и трансформацию гидробионтов влияют такие физические факторы, как пространственно-трехмерное движение водной среды с учетом адвективного переноса и микротурбулентной диффузии, пространственно-неоднородное распределение температуры, солености и кислорода. Биогенные загрязняющие вещества вызывают рост водорослей, в том числе, токсичных и вредоносных, их массовое развитие может приводить к возникновению опасных явлений в водоеме, включая эвтрофикацию и заморные явления. Построена и исследована трехмерная математическая модель гидродинамики, используемая в работе для расчета поля скоростей водного потока. Для исследования опасных явлений мелководного водоема, связанных с заморными явлениями в нем, разработана пространственно-неоднородная трехмерная ихтиологическая модель динамики промысловой рыбы. Рассмотрены модели наблюдений, параметризованные на основе стехиометрических соотношений, законов Моно, Михаэлиса—Ментен и Митчерлиха—Бауле, описывающие потребление, накопление планктоном и промысловыми рыбами-детритофагами питательных веществ, а также рост гидробионтов в зависимости от пространственного распределения солености и температуры, кислородного режима. Для калибровки и верификации разработанных моделей использовались постоянно пополняемые базы экологических данных, полученные, в том числе, и с помощью экспедиционных исследований Азовского моря и Таганрогского залива. Для повышения точности прогнозного моделирования натурные данные были отфильтрованы на основе алгоритма Калмана. При решении задачи обработки гидрологической информации получены изолинии солености и температуры в поверхностном слое, для чего применен алгоритм распознавания. С помощью алгоритма интерполяции и путем наложения границ области получены более подробные карты глубин, солености и температуры Азовского моря. Разработаны численные методы решения поставленных задач, использующие конечно-разностные схемы, учитывающие степень заполненности контрольных ячеек расчетной области, реализованные на высокопроизводительных вычислительных системах, позволяющие уменьшить погрешность численного решения задачи и сократить время расчетов в несколько раз. На основе численной реализации разработанных моделей проведена реконструкция опасных явлений природного характера, возникающих в мелководном водоеме (связанных с распространением вредных загрязняющих веществ), эвтрофикацию, “цветение водорослей”, вызывающее заморные явления в водоеме.

22.05-01.145 Динамическая структура течений в районе западного свала глубин Дербентской котловины Каспийского моря. *Амбросимов А.К., Амбросимов Е.С., Либина Н.В.* Инженерная физика. 2010, № 10, с. 555. Рус.

Представлены результаты наблюдений за течениями над осадочными волнами в западной части Дербентской котловины Каспийского моря. В этом районе моря глубины наиболее близко подходят к берегу, течение усиливается и прижимается к берегу, изменчивость течений довольно высокая. Проведен анализ характеристик течений по данным измерителей «Поток», установленных на приповерхностных буйковых станциях, и по данным вертикальных пространственных разрезов, выполненных с помощью буксируемых акустических измерителей течений ADCP. Ключевые слова: динамическая структура, анализ характеристики течения, вертикальные пространственные разрезы, измерители течений ADCP.

См. также **22.05-01.41**

Статистическая гидроакустика

22.05-01.146 Применение векторно-скалярного приемника для анализа направленных свойств поля. *Михайлов С.Г.* Акустический журнал. 2022. 68, № 5, с. 520-529. Рус.

Исследуется возможность изучения направленных свойств поля с помощью одиночного комбинированного векторно-скалярного приемника. Рассматривается математическая модель поля на основе пуассоновского процесса. Аналитически показана связь математического ожидания углового распределения модуля вектора Умова и плотности вероятности его аргумента (фазы) с угловой плотностью и угловой плотностью вероятности акустического поля в предельных случаях редких импульсов и гауссова приближения. На основе численного расчета анализируется эволюция указанных функций при изменении ширины частотной полосы анализа. Ключевые слова: векторно-скалярный приемник, векторно-фазовые методы, угловая плотность поля, плотность вероятности модуля и фазы вектора Умова.

22.05-01.147 Некоторые оценки вертикального распределения скорости звука в районе м. Куркиниemi Ладожского озера. *Львов К.П., Манов К.В.* Гидроакустика. 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.

Приведены оценки вертикального распределения скорости звука (ВРСЗ) in situ измерений гидроакустическим измерителем скорости звука типа miniSVP и расчетов ВРСЗ по упрощенной формуле Чена и Миллера для озерных вод по in situ измерений температуры как функции глубины по данным института озероведения РАН в районе м. Куркиниemi (лимническая зона VI Ладожского озера). Для построения графиков in situ измерений использовались осредненные сплайны скорости звука и температуры. Ключевые слова: ВРСЗ, институт озероведения РАН, формула Чена и Миллера.

Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

22.05-01.148 Влияние реки Ашамбы на структуру дна Голубой бухты вблизи города Геленджика по данным широкополосного сейсмоакустического профилирования. *Клюев М.С., Шрейдер А.А., Зверев А.С.* Геофизика. 2022, № 2, с. 78-85. Рус.

Изучается влияние реки Ашамбы на геоморфологию и структуру дна Голубой бухты вблизи города Геленджика. Использован метод широкополосного непрерывного сейсмоакустического профилирования дна и GPS-позиционирования. Описаны аппаратура и методики исследований. Приведены карты откалиброванной и локально усредненной батиметрии Голубой бухты, локально усредненной высоты неровностей дна, условной глубины проникновения звука в толщу донных осадков, границ речных палеоструктур, а также сейсмоакустические разрезы. В результате их анализа выявлены основной и побочный каналы на дне Голубой бухты и изучено их строение. Рассмотрены гипотезы возникновения этих каналов и выдвинуто предположение об их палеоречном происхождении.

22.05-01.149 Задачи и методика сейсмоакустических и гидроакустических исследований геоморфологических особенностей севера Баренцева моря в рейсе ТТР-20. *Соловьева М.А., Потемка А.К., Белов М.В., Пятнилова А.М., Токарев М.Ю.* Геотекника. 2021. 13, № 6, с. 93-102. Рус.

Арктический шельф является объектом новейших исследований как с практической точки зрения (исследование возможных залежей углеводородного сырья), так и с научной (изучение четвертичного покровного оледенения). Кроме того, несмотря на достаточно детальную изученность западной части Баренцева моря, восточная часть (российская) по-прежнему остается слабо изученной. В связи с этим работы, проводимые в Арктическом регионе и, в частности, на шельфе Баренцева моря, являются актуальными. В связи со сложными геологическими (наличием комплекса ледниковых отложений) и климатическими условиями, удаленностью региона исследований от населенных пунктов методика морских геофизических ис-

следований требует формирования оптимального программно-аппаратного комплекса для решения поставленных геологических задач. В рамках данного исследования предлагается комплекс гидроакустических и сейсмоакустических работ, обеспечивающих непрерывность работ и высокое качество получаемых данных, которые были опробованы в рейсе TTR-20 осенью 2021 года.

22.05-01.150 Анализ поверхностных волн для идентификации опасных геологических процессов по данным трехмерных сейсмических наблюдений на шельфе Печорского моря. *Титов Н.О., Токарев М.Ю., Горбачев С.В. Геотехника. 2021. 13, № 6, с. 119-124. Рус.*

Сейсморазведка является основным методом выявления опасных геологических объектов, таких как палеоврезы, моренные гряды, субаквальные мерзлые и газонасыщенные грунты. При небольших глубинах моря традиционные методы сейсморазведки на отраженных волнах (МОВ ОГТ) сталкиваются с рядом проблем, таких как отсутствие ближних удалений, высокая интенсивность шумов различного рода и низкочастотный сигнал, не позволяющий разделить отражения от отдельных границ. В то же время использование донных приемных устройств позволяет не только избежать части вышеуказанных проблем, но и дополнительно к основным типам волн регистрировать поверхностные волны, которые могут помочь в определении свойств пород, залегающих на небольшой глубине. В данной работе рассматривается применение метода многоканального анализа поверхностных волн (MASW) для выделения геологических опасностей в условиях мелководного шельфа Печорского моря. Даются рекомендации по внедрению метода в производство для оперативного выявления аномальных объектов и корректировки программы инженерных изысканий.

22.05-01.151 Об обосновании использования низкочастотных сейсмических колебаний, распространяющихся в земле, в каналах связи ВМФ. *Карпов А.В., Катанович А.А. Морской сборник. 2022, № 10, с. 66-70. Рус.*

Представлены проблемы функционирования системы связи с подводными лодками в условиях чрезвычайных ситуаций. Разработан метод повышения эффективности работы сейсмического канала связи с подводными лодками.

22.05-01.152 Физическое моделирование деформации ледяного покрова нагрузкой, движущейся с малой скоростью. *Зуев В.А., Грамузов Е.М., Куркин А.А., Двойченко Ю.А., Себин А.С. Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2022. 15, № 2, с. 19-32. Рус.*

Рассматривается возможность физического моделирования деформации ледяного покрова от нагрузки, движущейся с малой скоростью. Используя уравнение колебаний упругой пластины на основании гидравлического типа, показано, что подобие напряженно-деформированного состояния в модельном льду может быть достигнуто только в рамках подходов классической теории моделирования ледяного покрова Ногида—Шиманского. Принимая во внимание известные сложности, связанные с практической реализацией этого способа, исследуется применимость модели льда уменьшенной толщины, разработанной в НГТУ. Она заключается в преднамеренном несоблюдении подобия льда по толщине при удовлетворении прочих требований, реализуя частичное подобие модели. Показываются возникающие при этом расхождения с теорией Ногида—Шиманского, оцениваются их влияние на конечный результат. Исследуется применимость модели тонкого льда в бассейнах с естественным охлаждением классической формы для целей моделирования движения нагрузки с малой скоростью. Приведены результаты экспериментального исследования деформации ледяного покрова под движущейся нагрузкой с использованием модельного тонкого естественного льда. Исследуется изменение формы волны и максимального прогиба льда в зависимости от изменения скорости движения и величины нагрузки. Показана связь уменьшения отношения площади профиля чаши прогиба к профилю выгиба льда перед движущейся нагрузкой с увеличением скорости в начале движения, что может говорить о резком росте энергетических затрат на деформирование ледяного покрова, когда взаимодействие технического средства со льдом уже нельзя рассматривать как квазистатическое. Точ-

ное определение этих затрат является критически важным при проектировании ледокольных средств, прокладывающих канал в поле сплошного льда.

См. также **22.05-01.147**

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

22.05-01.153 Морское приборостроение для комплексного мониторинга Мирового океана. *Стародубцев П.А., Мироненко М.В., Малащенко А.Е., Недорез Ю.И. Экологические системы и приборы. 2003, № 7, с. 4795. Рус.*

Представлены обзорные материалы теоретических разработок современных позиционных гидроакустических средств для проведения широкомасштабного мониторинга океанской среды, по результатам которых создаются комплексные эксперименты, предназначенные для изучения различных гидродинамических процессов, техногенных явлений в океане и его прибрежной зоне, развития морского приборостроения.

Акустика глобальных масштабов, термометрия и дальняя подводная связь

22.05-01.154 Об аномалии распространения звука применительно к системе гидроакустической связи со сложными сигналами. *Кранц В.З. Гидроакустика. 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.*

Выполнена оценка влияния аномалии распространения звука на результат корреляционной обработки в системе гидроакустической связи со сложными сигналами в условиях многолучевого канала. Рассмотрена система связи, содержащая как однокомпонентный синхросигнал, так и двухкомпонентный сигнал информационного блока, обеспечивающая разрешение лучей по времени и их раздельную обработку. Показано, что наличие аномалии на входе системы обработки не является фактором, обеспечивающим повышение отношения сигнал/помеха на ее выходе. Ключевые слова: аномалия, многолучевое распространение, синхросигнал, информационный блок, M-последовательность.

22.05-01.155 Исследование потерь энергии в усилителях мощности при работе на гидроакустической излучатель. *Александров В.А., Казаков Ю.В., Маркова Л.В. Гидроакустика. 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.*

Представлены результаты исследований потерь энергии в усилителях различных классов при работе на гидроакустический излучатель с выраженной емкостной составляющей импеданса. Дано сравнение относительных потерь энергии со звеном рекуперации и без него в усилителях классов В, G, H. Проведен анализ характеристик линейных и ключевых усилителей мощности, показана перспектива использования в гидроакустических передающих трактах усилителей класса D для устройств большой мощности. Ключевые слова: линейный усилитель мощности, ключевой усилитель мощности, широтно-импульсная модуляция, гидроакустический передающий тракт.

См. также **22.05-01.35, 22.05-01.138, 22.05-01.153**

Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

22.05-01.156 Формирование и применение широкомасштабной радиогидроакустической системы экологического мониторинга морской среды на основе технологий нелинейной просветной гидроакустики и средств робототехники. *Малащенко А.Е., Мироненко М.В. Экологические системы и приборы. 2018, № 8, с. 19-22. Рус.*

На основе разработок многофункциональных технологий нелинейной просветной гидроакустики и средств космической и морской робототехники обосновываются практические пути

формирования системы мониторинга полей атмосферы, океана и земной коры в морской среде. Рассматриваются результаты испытаний экспериментальных систем мониторинга информационных полей различной физической природы на акваториях Дальневосточного региона. Ключевые слова: экологический мониторинг морской среды; контрольно-измерительный радио-гидроакустический комплекс; система спутниковой связи «Гонец»; технология обработки сигналов и выделения признаков информационных полей.

22.05-01.157 Мониторинг сейсмических и синоптических процессов просветными гидроакустическими системами. *Мироненко М.В., Малашенко А.Е. Экологические системы и приборы.* 2018, № 8, с. 23-28. Рус.

Проводится обобщение и анализ многолетних сейсмоакустических исследований в районе Охотского моря, а также в северо-западной части Тихого океана и Курильской островной гряды. Анализируются методические предложения по измерению гидрофизических и геофизических полей для решения задачи прогнозирования сильных землетрясений. Обосновываются практические пути построения и эксплуатации комплексной системы прогнозирования сильных землетрясений и оповещения населения, прибрежных и морских инженерных объектов об их вступлении. Ключевые слова: предвестники сильных землетрясений; прогнозирование землетрясений; оповещение населения, морских и береговых объектов; гидрофизические и геофизические поля.

22.05-01.158 Пространственная локализация источника широкополосного сигнала по глубине погружения в условиях подводного звукового канала. *Консон А.Д., Волкова А.А., Корецкая А.С. Гидроакустика.* 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.

Рассмотрена возможность однокоординатной пространственной локализации по глубине погружения источника широкополосного сигнала в морском волноводе путем анализа параметров лучей, распространяющихся парами. Рассмотрена модель распространения пары смежных лучей в окрестности точки излучения. Проведено компьютерное моделирование в условиях реального подводного звукового канала в Черном море в летний период. Показано, что в условиях подводного звукового канала относительное запаздывание сигналов пары смежных лучей функционально связано с глубиной погружения источника, и может быть использовано при решении однокоординатной задачи пространственной локализации источника широкополосного сигнала по глубине погружения. Ключевые слова: гидроакустика, шумопеленгование, локализация, глубина погружения, акустические лучи, подводный звуковой канал.

22.05-01.159 Оценка стабильности измеряемых параметров в задачах классификации гидролокатора освещения ближней обстановки. *Тимошенко В.Г. Гидроакустика.* 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.

В задачах гидролокации стационарность измеренных параметров в широком смысле не существует, поскольку изменяется положение гидролокатора, положение отражателя и условия распространения при каждом излучении сигнала. Предлагается проводить проверку измеряемых параметров на их соответствия однородной выборки, что определяет стабильность полученной оценки. Приводятся результаты экспериментальных данных по реальным измерениям. Ключевые слова: гидролокатор, стационарность, стабильность, классификационные признаки, корреляция, принятие решения, объем выборки.

22.05-01.160 О совершенствовании средств и систем освещения подводной обстановки. *Шатоголин А.В., Ивакин Я.А., Ермолаев В.И., Потапычев С.Н. Гидроакустика.* 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.

Реализация потенциальных возможностей средств и систем освещения подводной обстановки (СОПО) в значительной степени зависит от модельной поддержки должностных лиц на стадиях разработки, изготовления и эксплуатации этих средств и систем. Именно поэтому в исторической ретроспективе развитие средств освещения подводной обстановки и объединение их в комплексы и системы сопровождалось разработкой адекват-

ного инструментария, реализующего различные методы компьютерного моделирования. Анализу опыта совершенствования такого инструментария, представлению роли компьютерного моделирования в современном процессе обоснования решений на построение указанных систем и определению путей развития методов компьютерного моделирования в интересах СОПО посвящена данная статья. Ключевые слова: системы освещения подводной обстановки, гидроакустические средства и комплексы, пространственное построение системы, поддержка решений, компьютерное моделирование, имитационное моделирование, геоинформационная система, поддержка принятия решений.

См. также **22.05-01.154**

Гидроакустические преобразователи и антенны

22.05-01.161 Системы-на-кристалле в комплексах бортового оборудования для радиолокации и гидроакустики. *Золотухин Ф.Ф., Гречишников А.И., Поляков В.В., Шейнин Ю.Е. Авиакосмическое приборостроение.* 2004, № 3, с. 5579. Рус.

Рассмотрены результаты разработки систем на кристалле, предназначенных для построения систем цифровой обработки сигналов (ЦОС) в комплексах бортового оборудования (КБО) летательных аппаратов (ЛА).

22.05-01.162 Субоптимальный дискриминатор угла для осесимметричных антенн. *Попова О.С. Гидроакустика.* 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.

Проведен анализ оптимального по критерию максимума функции правдоподобия алгоритма оценки угла в тракте АСЦ на осесимметричной антенне; на его основе предложен и исследуется субоптимальный алгоритм оценки угла. Выполнены расчеты и проведено сравнение характеристик оптимального и субоптимального алгоритмов оценки угла для круговой антенны с экраном в поле некоррелированных по элементам антенны шумов. Ключевые слова: дискриминатор угла, оптимальный алгоритм оценки угла, субоптимальный алгоритм, пеленгационная характеристика, характеристика направленности приемного элемента.

См. также **22.05-01.15**, **22.05-01.76**, **22.05-01.155**

Подводные измерения и калибровка аппаратуры

22.05-01.163 Применение оптимизационных алгоритмов для решения задач планирования морских сейсморазведочных работ с донными станциями в условиях арктического шельфа. *Зайцев С.В., Тихоцкий С.А., Силаев А.В., Ананьев А.А., Ужегов Д.В., Кудряшов И.Ю., Васекин В.В., Кондращенко С.И., Хлюпин А.Н., Кулыгин Д.А., Базилевич С.О. Геофизические исследования.* 2022. 23, № 2, с. 55-72. Рус.

Представлен алгоритм оптимизации траекторий и последовательности движения флота морских сейсморазведочных судов при решении задачи морской сейсморазведки с использованием донных станций, основанный на решении задачи коммивояжера со смешанной доставкой и сбором товара, известной в литературе как TSPDC (Traveling Salesman Problem with mixed Delivery and Collections). Приведено описание расширения алгоритма на задачу, принимающую во внимание статические закрытые зоны, которые моделируют ледовую и метеорологическую обстановку, непригодную для движения судна. Алгоритм с применением путей Дубинса обеспечивает близкий к минимальному путь, учёт реальных характеристик движения судов и их скорости при выполнении различных типов работ (укладка донных станций, сбор станций, маневрирование и т.д.). Научная новизна исследования заключается в применении решения задачи TSPDC к задачам морской геофизики с условием наличия закрытых зон и разработке алгоритма оптимизации работ сейсмических судов с использованием донных станций, что ак-

туально в условиях арктического шельфа в период ограниченной навигации. Описанный в статье алгоритм позволяет учитывать возврат судна для сбора оборудования при работе с донными станциями в транзитной зоне. Разработанный алгоритм планирования проведения морских сейсморазведочных работ лёг в основу прикладного программного обеспечения. Приводится формализация задачи, результаты работы алгоритма и примеры планирования на тестовых данных. Затронуты вопросы о допустимых ограничениях для предложенного алгоритма. Полученные результаты применимы для дальнейшего использования при реализации задач по оптимизации плана работ сейсморазведочной морской съёмки с несколькими судами как при планировании сейсморазведочных работ, так и при корректировке планов непосредственно на судне. Применение также оправдано в случае необходимости повторного захода на профиль (например, при повторной отработке бракованного участ-

ка работ).

Компьютерное моделирование в гидрофизике и гидроакустике

22.05-01.164 Алгоритм классификации подводных объектов по акустической протяженности. *Иванов В.Г.* *Экологические системы и приборы*. 2015, № 12, с. 3-6. Рус.

Приведены описания способов классификации объектов подводного наблюдения по их акустической протяженности. Рассмотрена структура классификатора, использующего фазовый обнаружитель при спектральной обработке сигналов в приемном тракте. Детально рассмотрен алгоритм определения тренда фазы в обнаруженном эхо-сигнале. Ключевые слова: гидроакустические системы; гидролокатор; классификация; пеленг; тренд пеленга; фазовый обнаружитель.

Атмосферная и аэроакустика

Механизмы, влияющие на распространение звука в воздухе

22.05-01.165 Асимптотический метод учета влияния пограничного слоя высокоскоростного потока на характеристики распространения звуковых мод в цилиндрическом канале с жесткими стенками. *Остриков Н.Н.* *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*. 2022. 506, № 1, с. 104-112. Рус.

Работа посвящена теоретическому исследованию особенностей распространения звука в цилиндрическом канале с жесткими стенками при наличии потока с тонким пограничным слоем. Получено равномерно пригодное асимптотическое решение уравнения Придмора—Брауна, описывающего распространение звуковых мод в рассмотренной модельной ситуации при условии малой толщины пограничного слоя. Показано, что пограничный слой может оказывать существенное влияние на осевые волновые числа распространяющихся звуковых мод, и этот эффект усиливается с ростом частоты. При этом для отдельных звуковых мод, находящихся вблизи условия отсечки, может иметь место эффект конечного порядка: звуковая мода, распространяющаяся в однородном потоке без затухания, может стать затухающей при наличии тонкого пограничного слоя.

22.05-01.166 О распространении звука в кольцевом канале при наличии пилона. *Яковец М.А., Остриков Н.Н.* *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки*. 2022. 506, № 1, с. 113-120. Рус.

Работа посвящена теоретическому исследованию особенностей распространения звука в облицованном подковообразном канале, моделирующем наружный канал авиадвигателя при наличии пилона. В результате исследования определены случаи, в которых допускается разделение переменных, т.е. возможно непосредственное аналитическое решение для собственных мод, получен вид волноводных мод. Найдены характеристические уравнения данного канала, которым удовлетворяют собственные значения, являющиеся азимутальными и радиальными волновыми числами. Проведено исследование осевых волновых чисел, характеризующих эффективность облицовки, при разных значениях импеданса при наличии и отсутствии звукопоглощающих конструкций на пилоне. Расчетная оценка показала, что облицовка пилона может привести к повышению уровня шумоглушения на 2 дБ.

Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

22.05-01.167 Применение обобщенных гидродинамических уравнений в акустике. Инфразвук как возможная причина метеозависимости человека. *Алексеев Б.В.* *Экологические системы и приборы*. 2006, № 5, с. 4402. Рус.

В акустике используются гидродинамические уравнения, являющиеся следствием кинетического уравнения Больцмана. Для описания диссипативных течений газов традиционно применяются уравнения Навье—Стокса. Показано, что обобщенные гидродинамические уравнения приводят к качественно новым результатам в акустике, которые могут быть использованы для трактовки происхождения метеозависимости человека.

22.05-01.168 Сферически-симметричные сингулярные гиперповерхности в конформной гравитации. *Иванова И.Д.* *Ученые записки физического ф-та МГУ*. 2022, № 4, <http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2022/4>. Рус.

Поверхностный тензор энергии-импульса получен для действия идеальной жидкости с переменным числом частиц в эйлеровых переменных. Продемонстрировано, что в отсутствие внешних полей «внешнее давление» и «внешний поток» связаны с рождением частиц двойным слоем. Для временноподобных и пространственноподобных сферически-симметричных сингулярных гиперповерхностей уравнения движения, наряду с условиями Лихнеровича, выражены с помощью инвариантов сферической геометрии. Показано, что для сферически-симметричных тонких оболочек непрерывны двумерная скалярная кривизна и двумерный лапласиана от радиуса. В качестве приложений исследованы сферически-симметричные временноподобные и пространственноподобные сингулярные гиперповерхности, разделяющие два решения сферически-симметричной конформной гравитации, в частности, использованы различные вакуумы и решения типа Вайдья.

22.05-01.169 Быстрый детектор инфразвуковых событий и его применение. *Асминг В.Э., Федоров А.В., Виноградов Ю.А., Чебров Д.В., Баранов С.В., Федоров И.С.* *Геофизические исследования*. 2021. 22, № 1, с. 54-67. Рус.

Предлагаемая статья посвящена развитию методов и алгоритмов автоматического обнаружения полезных сигналов в зашумленной среде на записях инфразвуковых групп. Приведен обзор наиболее распространенных методов обработки инфразвуковых сигналов. Описан набор алгоритмов и последовательность их применения для быстрого определения инфразвуковых сигналов на записях инфразвуковой группы, реализованные в виде автоматического детектора. Быстродействие представленного детектора достигается за счет оптимизации вычислений и предварительного расчета части параметров для инфразвуковых групп, состоящих из трех датчиков. Актуальность применения быстрых алгоритмов обнаружения целевых сигналов продиктована рядом прикладных задач по оперативному выявлению мест генерации инфразвуковых сигналов, например при поиске отработавших элементов ракет-носителей или контроле лавиноопасных склонов в горной местности. Рассмотренный в статье автоматический детектор производит оценку ряда стандартных параметров обнаруженных акустических сигналов, таких как азимут на источник, угол падения волны, кажущаяся скорость. Дополнительно реализованы алгоритмы оцен-

ки длительности зарегистрированных сигналов и изменчивости азимута на источник. Последние два параметра применяются для автоматического выявления движущихся источников инфразвуковой эмиссии. Обработка применения описываемого детектора в режиме, близком к реальному времени, осуществлена в рамках экспериментальных работ по инфразвуковому мониторингу лавинной активности на полуострове Камчатка в феврале-апреле 2020 г. Результаты применения детектора показали высокую достоверность получаемых решений. Автоматически обнаруженные и ассоциированные с лавинными проявлениями сигналы были верифицированы визуальным осмотром местности.

22.05-01.170 Использование системы инфразвукового мониторинга для сопровождения очистного поршня на магистральном газопроводе. *Ямкин А.В., Морин И.Ю., Ямкин М.А., Супрунчик В.В., Маслов А.С., Бубенчиков М.А. Известия Томского политехнического университета. 2022. 333, № 6, с. 216-229. Рус.*

Актуальность исследования обусловлена необходимостью ведения непрерывного мониторинга местоположения и скорости внутритрубных очистных устройств при их движении внутри трубопроводов, предназначенных для транспортировки углеводородов. Данный мониторинг необходим для обеспечения эффективного использования внутритрубных очистных устройств и минимизации трудозатрат при его извлечении в случае застревания. При этом требуется максимально возможная точность определения указанных показателей. Несмотря на наличие многочисленных систем для решения данной задачи, разработка оборудования для точного определения скорости и линейных координат при движении внутритрубного очистного устройства, а также при его нештатной остановке в трубопроводе, остается актуальной. Цель: исследовать эффективность системы инфразвукового мониторинга газопроводов для сопровождения внутритрубного очистного устройства при движении и при нештатной остановке. Объекты: линейная часть магистральных газопроводов и внутритрубные очистные устройства. Методы: инфразвуковой мониторинг магистрального газопровода для сопровождения внутритрубного очистного устройства с использованием сети распределенных датчиков, установленных в непосредственной близости от газопровода; прием и анализ инфразвуковых сигналов, возникающих при ударах внутритрубного очистного устройства о внутреннюю поверхность трубы; онлайн мониторинг текущего местоположения внутритрубного очистного устройства. Результаты. Показана возможность сопровождения внутритрубного очистного устройства с использованием системы инфразвукового мониторинга газопроводов. При этом система в автоматическом режиме в реальном времени определяет местоположение и скорость при движении внутритрубного очистного устройства. Чувствительность датчиков системы при сопровождении внутритрубного очистного устройства позволяет устанавливать их на расстоянии до 40 км друг от друга для позиционирования внутритрубного очистного устройства с необходимой точностью. Наблюдавшиеся при испытаниях величины отклонения текущих координат, определенных с использованием системы, от фактических координат составили не более 46 м для движущегося внутритрубного очистного устройства и 7 м для остановившегося внутритрубного очистного устройства. Также экспериментально подтверждено, что инфразвуковой сигнал быстрее затухает при распространении по направлению движения потока газа. Выводы. Инфразвуковой мониторинг является эффективным техническим решением по сопровождению внутритрубного очистного устройства при движении внутри трубопровода и при его поиске в случае нештатной остановки.

См. также **22.05-01.27**

Распространение и рассеяние на турбулентности и на неоднородных течениях

22.05-01.171 О вырождении нелинейности в турбулентной системе. *Зыбин К.П., Ильин А.С., Копьев А.В., Сирота В.А. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 26-30. Рус.*

Рассмотрена динамика статистически однородного и изотропного магнитного поля, генерируемого несжимаемым турбулентным плазменным потоком с большим, но конечным, магнитным числом Прандтля. Оказывается, что в масштабах меньших, чем вязкий масштаб Колмогорова, нелинейное обратное воздействие магнитного поля на динамику жидкости экспоненциально затухает, несмотря на экспоненциально быстрый рост магнитного поля. Показано, что анизотропия диффузии в космической плазме приводит к дополнительному усилению эффекта затухания обратного воздействия. Также показано, что вырождение обратного воздействия приводит к энергетическому парадоксу, который разрешается на более поздней стадии развития начальных возмущений при приближении пространственного масштаба магнитных флуктуаций к колмогоровскому. Обсуждается возможность вырождения нелинейности в более сложных системах: нечто подобное может иметь место в гидродинамической турбулентности, давая возможность найти ключ к ее теоретическому анализу.

22.05-01.172 О вкладе волн неустойчивости в перемежаемость пульсаций скорости турбулентной струи. *Юдин М.А., Копьев В.Ф., Чернышев С.А., Фараносов Г.А. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 31-38. Рус.*

Исследуется статистика пульсаций поля давления и скорости в дозвуковой турбулентной струе. Анализируются данные, полученные ранее в численном расчете методом LES для круглой струи с числом Маха $M=0.8$ и числом Рейнольдса $Re \sim 750\,000$. Рассматриваются пульсации как в потенциальном ядре струи, так и в слое смешения. Для исследования статистики и выявления перемежаемости (свойства статистики отличаться от нормальной) используются функции плотности вероятности и значение эксцесса (отношения четвертого момента к квадрату второго). Показано, что в отличие от однородной изотропной турбулентности, где пульсации скорости имеют гауссовскую статистику, для турбулентной струи статистика поля скорости оказывается перемежаемой на границе потенциального ядра, и на внешней границе слоя смешения. Предложено объяснение этого различия, связанное с вкладом крупномасштабных колебаний среднего течения струи (волн неустойчивости). Также показано, что перемежаемость поля давления в области внешней границы турбулентной струи не может быть связана с крупномасштабными колебаниями, а является характеристикой мелкомасштабной турбулентности, также, как в случае однородной изотропной турбулентности.

22.05-01.173 Развитие начальных возмущений при обтекании незакрепленного цилиндра циркуляционным потоком жидкости с переменной завихренностью. *Юдин М.А., Копьев В.Ф., Чернышев С.А. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 39-46. Рус.*

Рассмотрена двумерная система, имеющая вид незакрепленного кругового цилиндра, помещенного в циркуляционный поток вязкой несжимаемой жидкости с переменной завихренностью. Работа посвящена изучению процессов, происходящих в критических слоях вихревых течений (область, в которой фазовая скорость возмущений совпадает со скоростью среднего течения) на примере задачи, имеющей точное аналитическое решение. Ранее для такой системы была рассмотрена и описана дискретная часть спектра, т.е. были получены отдельные собственные колебания и показано, что в определенном диапазоне параметров система обладает сдвиговой неустойчивостью. В настоящей работе рассмотрены особенности динамики системы, связанные с непрерывным спектром. С этой целью решена начальная задача и проведен анализ процесса нарастания больших возмущений завихренности в окрестности критического слоя из состояния с гладкими начальными условиями.

22.05-01.174 Исследование влияния угла установки крыла на характеристики рассеяния ближнего гидродинамического поля турбулентной струи. *Бычков О.П., Фараносов Г.А. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 57-67. Рус.*

Приведены результаты теоретического и экспериментального исследования влияния угла установки крыла на дальнейшее

акустическое поле, связанное с рассеянием гидродинамических возмущений ближнего поля турбулентной дозвуковой струи на его задней кромке. Для модели, в которой рассеивающая поверхность моделируется полуплоскостью, с помощью метода Винера—Хопфа получена аналитическая зависимость основных характеристик поля рассеяния от угла установки рассеивающей поверхности. В заглушенной камере АК-2 ЦАГИ проведено экспериментальное исследование звукового поля конфигурации “сопло—пластина” при помощи подвижной азимутальной решетки микрофонов и показано хорошее соответствие теоретической модели данным измерений.

22.05-01.175 Спектральный анализ оптимальных возмущений стратифицированного турбулентного течения Куэтта. *Засько Г.В., Нечепуренко Ю.М.* Журнал вычислительной математики и математической физики. 2021. 61, № 1, с. 136-149. Рус.

Рассматриваются собственные моды и оптимальные возмущения уравнений стратифицированного турбулентного течения Куэтта, осредненных по горизонтальным пространственным переменным и линеаризованных относительно стационарного состояния. Установлено, что спектр таких уравнений симметричен относительно вещественной оси и лежит строго в левой полуплоскости, т.е. все собственные моды устойчивые, а главная часть оптимального возмущения представляет собой линейную комбинацию большого числа мод, отвечающих собственным значениям с наибольшими вещественными частями. При этом число наиболее значимых мод в этой линейной комбинации растет с ростом числа Рейнольдса.

22.05-01.176 Влияние коагуляции и дробления капель на параметры газокapельной турбулентной струи. *Зуев Ю.В.* Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки. 2022. 164, № 1, с. 85-100. Рус.

Установлены условия, при которых расчет газокapельной турбулентной струи должен проводиться с учетом взаимодействия капelь. Представлена математическая модель газожидкостной полидисперсной турбулентной струи, в которой учтены коагуляция и дробление капelь. По результатам расчетов, выполненных по этой математической модели, определены три диапазона изменения начальной суммарной объемной концентрации капelь, соответствующие различному влиянию взаимодействия капelь в струе на ее параметры. Для первого диапазона характерно отсутствие влияния столкновений капelь на все параметры струи, второй диапазон отличается незначительной зависимостью скоростей фаз от коагуляции капelь, третий диапазон соответствует концентрации капelь в начальном сечении струи, при которой происходят интенсивные процессы коагуляции и дробления капelь, влияющие на все параметры струи. Сделаны следующие выводы: в первом и во втором случаях при решении многих прикладных задач уравнения математической модели струи могут быть записаны без учета межчастичного взаимодействия, в третьем случае учет коагуляции и дробления капelь является обязательным.

См. также **22.05-01.24**

Источники звука в атмосфере

22.05-01.177 О разделении акустических и гидродинамических переменных в модели звуковых источников турбулентной струи. *Копьев В.Ф., Чернышев С.А.* Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 4-15. Рус.

Исследуется механизм генерации шума в турбулентной струе на основе метода акустической аналогии. Целью работы является разработка модели звукового источника, в которой отсутствует так называемая сдвиговая компонента шума. Это условие было сформулировано ранее в результате анализа мультимикрофонных акустических измерений струи, которые показали, что акустические аналогии, учитывающие сдвиговый шум, расходятся с данными эксперимента. Предложена в настоящее время модель основана на разделении акустических и гидродинамических переменных и использовании оператора распространения, в котором не содержатся гидродинамические

степени свободы. Такой подход позволяет естественным образом исключить сдвиговую компоненту в звуковом излучении и добиться хорошего соответствия данным акустических измерений. Моделирование звукового источника проводится в рамках предположений о квадруольности и изотропности пульсаций, ответственных за звуковое излучение. Проводится сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными по направленности основных азимутальных гармоник звукового излучения струи со скоростью 120 м/с. Полученные результаты дают важный вклад в понимание природы излучающей звук турбулентности в сдвиговых потоках.

22.05-01.178 Метод генерации линейного оператора в обратной задаче идентификации аэроакустических источников. *Демьянов М.А.* Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 121-127. Рус.

Рассмотрена задача нахождения амплитуд акустических источников по данным синхронных многомикрофонных измерений акустического поля. Предложен метод, основанный на построении линейного оператора, переводящего Фурье-образы сигналов с микрофонов в амплитуды источников. Метод верифицирован на тестовых примерах локализации монополярных и дипольных источников, произведено сравнение акустических карт локализации, полученных разработанным методом и стандартным алгоритмом бимформинг. Исследованы возможности дальнейшего развития разработанной методологии.

См. также **22.05-01.24, 22.05-01.165, 22.05-01.166**

Аэро-термо-акустика и акустика горения

22.05-01.179 Космос как инструмент исследования физико-химических процессов горения и база технологии получения новых материалов. *Мальцев В.М., Сычев А.Е., Орджоникидзе С.К.* Авиакосмическое приборостроение. 2003, № 3, с. 5689. Рус.

Известны исследования процессов горения в условиях различных внешних воздействий — высокоскоростных газовых потоков, интенсивных акустических колебаний, высоких перегрузок и невесомости, электрических и магнитных полей, лазерного излучения и т.п. Исследования любого из вышеперечисленных воздействий давали новую фундаментальную информацию о процессах горения. Таким образом, каждый особый внешний фактор служил инструментом исследования механизма горения. В этом плане уникальным инструментом исследования горения представляется космос, в котором многие из вышеперечисленных факторов присутствуют, но имеется и целый ряд других особенных воздействий — невесомость, глубокий естественный вакуум, солнечная световая и электромагнитная радиация, космические частицы, потоки заряженных частиц и т.д. В связи с этим использование космических условий для исследования горения и разработка технологий получения новых материалов представляются весьма перспективными. Рассмотрены виды горения, методы экспериментального исследования быстротекающих процессов, вопросы исследования механизма процесса горения СВС (самораспространяющийся высокотемпературный синтез)-систем в случае гравитации и микрогравитации. Основной научной целью космических экспериментов являлось установление механизма горения и структурообразования СВС-систем в условиях невесомости. Решение этой задачи позволит получать тугоплавкие высокопористые материалы со структурой пен или зернистых каркасов. Значительные гравитационные эффекты имеют место в алюминотермических СВС-процессах, образующих продукты в виде двухфазного (или многофазного) расплава с разноплотными компонентами. При образовании расплавленных СВС-продуктов гравитация сильно влияет на формообразование, подавляя действие сил поверхностного натяжения. В области космического эксперимента необходимо отметить использование космического вакуума для изучения самоочистки от примесей протекания СВС-процессов.

22.05-01.180 Новые методы компенсации температурной погрешности в системах наземной акустической локации. *Абдуллаев Н.А.* Авиакосмическое приборострое-

ние. 2010, № 1, с. 1128. Рус.

Предложен способ повышения точности акустической локации при использовании метода окружности. Суть предложенного способа заключается в компенсации влияния температуры путем подбора соответствующего участка частотного спектра акустического сигнала. Проанализирована возможность компенсации изменения скорости звука при изменении температуры противоположным изменением влажности воздуха, вызванным взаимосвязью между температурой и влажностью воздуха. Показано, что степень взаимной компенсации указанных погрешностей растет с уменьшением температуры воздуха. Ключевые слова: Погрешность, акустический контроль, взрывы, скорость звука, влажность, температура.

22.05-01.181 Волновая модель турбулентности. Пятницкий Л.Н. Инженерная физика. 2012, № 11, с. 20-53. Рус.

Пульсации гидродинамических параметров турбулентного течения интерпретируются как результат суперпозиции возмущений, возникающих в зоне торможения потока и распространяющихся в виде акустических волновых пакетов. Волновой механизм позволил найти пространственно-временное поле пульсаций, установить физическую природу и признаки, определяющие турбулентный пограничный слой, ламинарный подслой, вихреобразование, и вычислить их параметры. Анализ развития поля пульсаций дает возможность исследовать процесс превращения детерминированного движения в хаотическое, выснить характер нерегулярности этого движения. Пользуясь сильной зависимостью свойств потока от условий на границе течения, удалось поставить и решить обратную задачу турбулентности, определив параметры первичных возмущений плазменного канала волнового бесселева пучка. Ключевые слова: турбулентность, пограничный слой, турбулентные пульсации, волновое уравнение, волновой пучок, бесселев пучок, аксикон, лазерное излучение, оптический пробой, структура плазменного канала.

22.05-01.182 Резонанс колебаний в продуктах реакции и в исходной смеси как причина перехода горения в детонацию. Васильев А.А. Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 3, с. 71-79. Рус.

Качественная трансформация низкоскоростного ламинарного пламени в турбулентное (за счет естественной или искусственной неустойчивости) и формирование уходящих вперед волн сжатия изучены достаточно подробно. Дискуссионным является вопрос о природе возникновения очага реакции в области между головной волной сжатия и следующим за ней на удалении фронтом пламени, а также вопрос о динамике взаимодействия этого очага с основными структурными элементами. Именно тип этого очага (медленное или взрывное сгорание) определяет его последующее взаимодействие с фронтом волны сжатия — безударное или ударно-волновое расширение, способное в итоге сформировать детонационную волну. В данной работе в качестве способа перевода очага реакции во взрывной тип обсуждается его усиление за счет возникающего при распространении пламени резонанса продольных акустических колебаний горячих продуктов реакции и исходной горючей смеси. Именно резонанс с его многократным увеличением амплитуд газодинамических параметров способен эффективно осуществить переход горения в детонацию. Обсуждены различные стадии перехода, сделаны соответствующие оценки, согласующиеся с экспериментами.

22.05-01.183 Горение этилена и керосина в сверхзвуковом потоке при низких числах Маха. Замураев В.П., Калинин А.П. Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 4, с. 63-70. Рус.

Численно изучается горение этилена и керосина при числе Маха потока $M \leq 2$. Для воспламенения подаваемого через осевой инжектор топлива и поддержки его горения применяется дросселирование потока с помощью боковой струи сжатого воздуха. Решаются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье—Стокса, замыкаемые $k-\epsilon$ моделью турбулентности. Горение топлива моделировалось одной реакцией. Исследована возможность формирования околосзвукового течения. При числе Маха $M=1.7$ и температуре торможения 1 400 и 1 500 К изу-

чена газодинамическая структура потока в канале при горении керосина. Расчеты выполнены при различных значениях ограничителя производства турбулентной кинетической энергии.

22.05-01.184 Режимы горения керосина в канале постоянного сечения при числе Маха на входе $M=1.7$. Третьяков П.К., Туликин А.В. Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 5, с. 28-32. Рус.

Представлены результаты изучения горения керосина в каналах постоянного сечения при числе Маха на входе $M=1.7$. Эксперименты проводились в каналах с отличающейся геометрией проточной части. Показано существование режимов течения с волновыми структурами, не приводящими к развитию псевдоскачкового режима горения. Определены критические условия, выполнение которых необходимо для иницирования и реализации преддетонационного квазистационарного режима горения.

22.05-01.185 Исследование пульсационных режимов в высокоскоростном потоке с теплоподводом. I. Эксперимент. Федорова Н.Н., Гольдфельд М.А., Пикалов В.В. Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 5, с. 33-43. Рус.

Представлены результаты экспериментальных исследований течения в канале с внезапным расширением без подвода и с подводом тепла в сверхзвуковой воздушный поток. На основании обработки экспериментальных данных о временных зависимостях статического давления на стенке канала определены спектральные мощности пульсаций, анализ которых показал, что при подводе тепла в течении происходит усиление спектральной мощности пульсаций давления в диапазоне частот 250—400 Гц. Наибольшее увеличение мощности наблюдается в начальный период процесса при воспламенении смеси и в конце режима стабилизации горения. В период, соответствующий развитию горению, максимум спектра мощности пульсаций снижается, а интервал значимых частот расширяется на диапазон 400—600 Гц.

22.05-01.186 Исследование пульсационных режимов в высокоскоростном потоке с теплоподводом. II. Численное моделирование. Федорова Н.Н., Гольдфельд М.А., Пикалов В.В. Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 5, с. 44-53. Рус.

Представлены результаты численного исследования турбулентных реагирующих течений в канале с внезапным расширением с учетом инжекции водородных струй в сверхзвуковой ($M=4$) воздушный поток. Моделирование проведено в трехмерной нестационарной постановке с использованием программного комплекса ANSYS Fluent в условиях экспериментов, выполненных в импульсной высокоэнтальпийной аэродинамической установке ИТ-302М. В расчетах получен автоколебательный режим с интенсивными пульсациями давления и интегрального тепловыделения. При этом среднее по периоду распределение давления удовлетворительно совпадает с экспериментальными значениями, а частота пульсаций давления лежит в диапазоне, полученном в экспериментах. На основании детального анализа характеристик течения за полный цикл колебаний уточнен механизм обратной связи, ответственный за возникновение автоколебаний.

22.05-01.187 Иницирование детонации при взаимодействии ударной волны с горючим газовым пузырем различной плотности. Георгиевский П.Ю., Левин В.А., Сутырин О.Г. Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 5, с. 72-78. Рус.

На основе уравнений Эйлера проведено численное моделирование взаимодействия ударной волны в газе с горючим газовым пузырем повышенной плотности. Описаны три качественно различных режима иницирования детонации: прямое иницирование детонации в передней части пузыря при достаточно высоких числах Маха падающей волны и иницирование детонации в задней части пузыря в результате преломления волны и фокусировки вторичных скачков уплотнения при меньших числах Маха. Показано, что режим иницирования детонации существенно зависит как от интенсивности ударной волны, так и от плотности смеси в пузыре. На основе серии расчетов построена диаграмма режимов иницирования детонации и по-

казано, что эффект фокусировки ударной волны позволяет достичь успешного инициирования детонации при многократно меньшей интенсивности падающей волны по сравнению с прямым инициированием.

См. также **22.05-01.61**

Ударные и взрывные волны, звуковой удар

22.05-01.188 Аналитическое решение задачи о кавитационном обтекании клина. *П. Власов В.И., Скорыходов С.Л. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 11, с. 1873-1893. Рус.

Дано аналитическое решение плоской задачи о симметричном кавитационном обтекании клина идеальной жидкостью для двуспиральной схемы Тулина замыкания каверны. Решение выражено через гипергеометрическую функцию Лаурричеллы. Выполнена развернутая численная реализация решения и проведен его асимптотический анализ. Изучена спиральная структура вихрей, замыкающих каверну, в том числе получена оценка размера вихря. Найдена асимптотика по $x \rightarrow \infty$ ширины следа. Установлены также асимптотики коэффициента сопротивления c_x и относительных размеров каверны при стремлении числа кавитации Q к нулю.

22.05-01.189 Математическое моделирование неравновесного течения в ударном слое около вращающегося тела. *Анжудин А.Л. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2022. 62, № 1, с. 166-174. Рус.

Предложена математическая модель неравновесного (по внутренним и поступательным степеням свободы) обтекания равномерно вращающегося вокруг своей оси затупленного осесимметричного тела соосно направленным высокоскоростным потоком однокомпонентного многоатомного газа, основанная на известном приближении макрокинетического тонкого вязкого ударного слоя (ТВУС) для тел конечной толщины. Указано на важную корреляцию течения в рассмотренном кинетическом ТВУС с течением в навье-стоксовском ТВУС; корреляция позволяет существенным образом упростить учет неравновесности по внутренним и поступательным степеням свободы в обтекающем тело потоке, сводя кинетическую проблему к навье-стоксовской. Описан механизм построения решения кинетической задачи ТВУС вблизи вращающегося тела полностью на базе соответствующего решения для навье-стоксовского ТВУС. Получено, что учет кинетики неравновесного течения молекулярного газа в ТВУС около вращающегося тела не сказывается на трении и теплообмене на поверхности (эти данные совпадают для обеих — кинетической и навье-стоксовской — задач ТВУС). Показано, что решение для окрестности критической точки (т.е. вдоль нормали к поверхности в передней критической точке) в кинетическом ТВУС идентично с решением навье-стоксовского ТВУС для этой же области.

22.05-01.190 Взаимодействие воздушных ударных волн с парашютными перемычками при взрывах в шахтах. *Мазепина Е.Е., Куцаинов П.И., Лукашов О.Ю. Физика горения и взрыва.* 2022. 58, № 3, с. 91-95. Рус.

Представлены результаты математического моделирования распространения воздушных ударных волн при взрыве метана в горных выработках с учетом их взаимодействия с быстро-возводимыми парашютными перемычками. Парашютные перемычки способны снизить интенсивность ударной волны при интенсивности набегающей ударной волны, не превышающей критического давления срыва перемычки. Газодинамическая методика расчета взрывобезопасных расстояний позволяет учитывать парашютные перемычки, установленные в различных местах выработок, и проводить расчет параметров ударных волн, прошедших за перемычку.

22.05-01.191 Иницирование детонации эмульсионного взрывчатого вещества ударом тонкой пластинки. *Юношев А.С., Воронин М.С., Пластинин А.В. Физика горения и взрыва.* 2022. 58, № 3, с. 141-147. Рус.

С помощью импульсной рентгенографии изучен процесс ударно-волнового инициирования эмульсионного взрывчатого

вещества. Иницирование выполнялось ударом тонкой дюралевой пластинки под небольшим углом к плоской поверхности ВВ. Выполнена оценка параметров инициирующей ударной волны в исследуемом взрывчатом веществе и измерена глубина инициирования детонации.

22.05-01.192 Детонационные волны в системах метан/водород/кислород/взвесь угля. *Пинаев А.В., Пинаев П.А. Физика горения и взрыва.* 2022. 58, № 4, с. 91-96. Рус.

Экспериментально исследованы детонационные волны в газовых двухтопливных системах $\text{CH}_4\text{H}_2/\text{O}_2$ и гетерогенных трехтопливных системах $\text{CH}_4\text{H}_2/\text{O}_2$ /угольная взвесь. В опытах использовали взвеси угля с размерами частиц $0 < d < 200$ мкм со среднеобъемной плотностью 160–400 г/м³. В исследованных системах измерены скорости по длине трубы и профили давления в падающих детонационных и отраженных волнах. Проведен анализ влияния горючих компонентов на параметры волн. Выполнено сравнение экспериментальных параметров детонации с расчетными термодинамическими равновесными параметрами детонации.

См. также **22.05-01.33, 22.05-01.53, 22.05-01.57, 22.05-01.59, 22.05-01.75, 22.05-01.187**

Авиационная акустика

22.05-01.193 Снижение шума высокоскоростной струи двигателя сверхзвукового гражданского самолета по результатам акустических испытаний модели плоского сопла в заглушенной камере АК-2 ЦАГИ. *Беляев И.В., Горбовской В.С., Кажан А.В., Фараносов Г.А. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2022. 506, № 1, с. 47-56. Рус.

Шум струи, как ожидается, будет важным источником шума перспективного сверхзвукового гражданского самолета (СГС) на режимах взлета и набора высоты, так что разработка методов снижения шума струи СГС является необходимым условием обеспечения СГС норм по шуму на местности. В рамках исследований по снижению шума струи СГС были проведены акустические испытания маломасштабной модели плоского сопла типа «миксер-эжектор» с системой шумоглушения на режимах работы, соответствующих взлету и набору высоты, включая наличие спутного потока. Были получены спектральные характеристики и диаграммы направленности шума в дальнем поле для широкого диапазона азимутальных и полярных углов. Результаты проведенных измерений сравнились с двумя базовыми вариантами: 1) одно круглое сопло с тем же перепадом давления и той же тягой, что и плоское сопло, 2) два одинаковых круглых сопла, с тем же перепадом давления и той же суммарной тягой, что и плоское сопло. Для эквивалентных струй, соответствующей этим двум базовым вариантам, на основе полуэмпирической методики ЦАГИ расчета шума струй был определен шум в дальнем поле. Сравнение с экспериментальными данными плоского сопла показало, что имеются диапазоны углов наблюдения и частот, где наблюдается снижение шума за счет применения плоского сопла по сравнению с эквивалентными круглыми струями, и диапазоны, где плоское сопло оказывается шумнее. Проведенный пересчет спектров на натурные масштабы и оценка шума СГС в метрике EPNL показали, что применение данного плоского сопла может приводить к интегральному эффекту снижения шума на местности по сравнению с круглыми соплами.

22.05-01.194 Об определении аэродинамического шума основных элементов натурального самолета с использованием многомикронной антенны и алгоритмов бимформинга. *Копьев В.Ф., Зайцев М.Ю., Величко С.А., Долотовский А.В., Шевяков В.И. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2022. 506, № 1, с. 68-81. Рус.

Представлены результаты акустического летного эксперимента по локализации и ранжированию источников аэродинамического шума натурального самолета с использованием 108-микронной антенны. В результате проведенных исследований получены уникальные данные о пространственном поло-

жении основных источников шума натурального самолета и их частотном составе, а также проведен сравнительный анализ относительного вклада каждого из источников в суммарный шум самолета для различных режимов полета. Представленные результаты будут использованы при разработке малозумных конфигураций отечественных пассажирских самолетов для обеспечения конкурентоспособных уровней шума на местности, удовлетворяющих современным и перспективным нормам ИКАО.

22.05-01.195 Испытания маломасштабного шасси регионального самолета в заглушенной камере АК-2 цаги и сравнение с результатами летного эксперимента. Беляев И.В., Копьев В.Ф., Зайцев М.Ю., Остриков Н.Н. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 82-89. Рус.

В связи с успехами в области снижения шума двигателя, шум планера стал одним из основных источников шума современных самолетов при заходе на посадку. Шасси является важным источником шума планера, и его снижение необходимо для дальнейшего снижения общего шума самолета и удовлетворения действующим и перспективным нормам по шуму на местности. Задача моделирования и снижения аэродинамического шума при обтекании потоком такого сложного объекта, как шасси современного самолета, состоящего из большого числа элементов разных форм и размеров, крайне сложна. В России экспериментальные исследования шума шасси можно проводить либо на маломасштабных моделях (в частности, в заглушенной камере АК-2 ЦАГИ), либо в натурном эксперименте с помощью метода локализации источников шума (так называемого бимформинга). Таким образом, представляет интерес сравнение измерений шума маломасштабных моделей шасси самолета и результатов летных испытаний, в которых с помощью метода бимформинга измеряется шум шасси. В данной работе впервые в отечественной практике проведено такое сравнение применительно к шуму шасси регионального самолета и предложен метод расчета результатов испытаний маломасштабных моделей шасси на натурные масштабы.

22.05-01.196 Сравнительное исследование методов извлечения импеданса на различных установках типа "интерферометр с потоком" выполненное по результатам анализа экспериментальных данных, полученных в рамках проекта IFAR. Копьев В.Ф., Остриков Н.Н., Денисов С.Л., Яковец М.А., Ипатов М.С. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 90-103. Рус.

Обсуждаются результаты сравнительных исследований различных методов извлечения импеданса звукопоглощающих конструкций по результатам измерений на различных установках типа "Интерферометр с потоком". В качестве исследуемых образцов звукопоглощающих конструкций использовались классические однослойные звукопоглощающие конструкции. Извлечение импеданса проводилось как при отсутствии, так и при наличии спутного воздушного потока. Выявлена зависимость извлеченных значений импеданса от числа использованных микрофонов и их положения, как при наличии воздушного потока, так и при его отсутствии. Сравнение извлеченных значений импеданса, полученного на различных установках и различными методами при наличии воздушного потока, показало зависимость значений действительной и мнимой частей импеданса от метода извлечения и частоты.

22.05-01.197 Исследования перспективных средств снижения вибраций самолетных конструкций при их акустическом возбуждении. Зверев А.Я., Черныш В.В. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2022. 506, № 1, с. 128-136. Рус.

В реверберационных камерах и на натурном стенде проведены испытания по определению вибрационных характеристик типовой фюзеляжной панели регионального самолета, а также конструкций борта, закрылка и крыла реального самолета с различным вибродемпфирующим набором. В условиях акустического возбуждения модельной панели и реальных самолетных конструкций определена эффективность следующих средств снижения вибраций: изменение граничных условий и

жесткости шпангоутов; облицовка конструкции односторонними вибродемпфирующими сэндвичами и листовыми вибропоглощающими материалами ВТП-1В, СКЛГ-6020М; применение имитаторов стрингеров и шпангоутов, в том числе в комплекте с двусторонними вибродемпфирующими сэндвичами. Показано, что, применяя комбинацию различных методов, можно добиться существенного снижения вибраций конструкции в широком диапазоне частот. На низких частотах эффективным средством является преобразование длинноволновых форм колебаний шпангоута в более коротковолновые. В области средних частот эффективно снижают вибрации конструкции односторонние сэндвичи, а также имитаторы стрингеров совместно с двусторонними сэндвичами. В области высоких частот наиболее эффективна облицовка конструкции листовыми вибропоглощающими покрытиями.

22.05-01.198 Измерение средней температуры газов газотурбинных двигателей с использованием различных типов датчиков. Сузинец Ж.А. Авиакосмическое приборостроение. 2013, № 11, с. 69-78. Рус.

Рассмотрены методы измерения температуры газов авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) с применением термопреобразователей и струйно-акустических датчиков и вычисления среднего параметра для выработки управляющего сигнала для систем регулирования и диагностики. Температура в камерах сгорания распределяется весьма неравномерно по сечению и разброс достигает 350°C, что вызывает необходимость использования большого количества термодатчиков и дальнейшего усреднения их параметров. При занижении средней температуры из-за нарушений идентичности сопротивлений соединительных проводов в цепях термонапар система регулирования необоснованно изменит режим работы ГТД, что приведет к повышению температуры выходящих газов, а это может вызвать выгорание лопаток турбины. Предложен способ измерения среднего значения температуры среды с неоднородным температурным полем и устройством для его осуществления с использованием двухпроводной линии связи с измерительным блоком и однотипных стандартных терморезисторов (датчиков температуры) в качестве элементов фазирующей цепочки, что обеспечит экономичность, простоту монтажа и технического обслуживания, высокую надежность и ремонтпригодность. Рассмотрены оригинальное устройство усреднения температуры газов при использовании термопреобразователей с повышенным быстродействием и точностью выработки управляющего воздействия САУ ГТД, а также простая в изготовлении и надежная в эксплуатации схема измерителя средней температуры от частотных датчиков, благодаря отсутствию вычислительного устройства.

22.05-01.199 Тематический выпуск "Вычислительный эксперимент в аэроакустике". Мат. моделир. 2022. 34, № 7, с. 3-4. Рус.

22.05-01.200 Расчетно-экспериментальные исследования малозумного самолета с ламинарным крылом и двигателями над задней кромкой крыла. Болсуновский А.Л., Брагин Н.Н., Бузовера Н.П., Перченков Е.С., Чернышев И.Л., Скомооров С.И. Мат. моделир. 2022. 34, № 7, с. 5-23. Рус.

главным направлением развития современной коммерческой авиации является не только повышение безопасности и топливной эффективности самолетов, но и снижение воздействия на окружающую среду, особенно по допустимому шуму на местности. Одной из идей является перенос силовой установки на верхнюю поверхность крыла для экранирования шума двигателя крылом. Такое решение может приводить к усугублению неблагоприятных явлений трансзвуковой интерференции между элементами планера, вынуждая снижать крейсерскую скорость до числа Маха $M=0.7-0.75$, вместо наиболее распространенной $M=0.78-0.8$. Решение проблемы интерференции на крейсерском режиме для малозумных компоновок требует усовершенствования устоявшейся методики проектирования.

22.05-01.201 Возможности и ограничения применения зонного RANS-IDDES подхода к задаче расчета шума вентилятора турбовентиляторных двигателей. Шорстов В.А. Мат. моделир. 2022. 34, № 9, с. 37-53. Рус.

Выполнен анализ возможности применения разработанного автором зонного RANS-IDDES метода, включающего схему с локальным введением невязности к задаче расчета шума вентиляторов турбовентиляторных двигателей. Представлены оценки необходимой мощности сетки для использования Wall Modeled LES на 1/4 хорды лопаток ротора около их задних кромок, составившие более 600М ячеек и сделан вывод о невозможности рассмотрения течения в вихреразрешающей постановке для пограничных слоев на лопатках ротора от их передних кромок для текущих и перспективных расчетов. Расчет подтверждены уже опубликованные представления о том, что зонный подход к вихреразрешению с явной и качественной генерацией турбулентного контента предпочтителен для таких задач. Отмечена важность качественного описания в рамках URANS областей около передних кромок лопаток ротора, особенно в окрестности радиального зазора. Предложена модификация генератора синтетической турбулентности, улучшающая качество генерации для неоднородного среднего поля скоростей. В итоге в расчете получен шум ступени вентилятора, хорошо согласующийся с экспериментом как в тональной, так и в широкополосной частях.

22.05-01.202 Программный комплекс для моделирования работы алгоритмов управления движением наноспутников на аэродинамическом столе. *Козин Ф.А. Мат. моделир.* 2022. 34, № 10, с. 20-42. Рус.

Приведено описание программного комплекса для моделирования алгоритмов управления движением наноспутников на аэродинамическом столе. Представлена структура программы, математические модели движения, описаны алгоритмы управления движением и навигации макетов наноспутников на плоскости. Программный комплекс осуществляет связь между станцией и бортовыми компьютерами макетов на столе, макеты получают информацию о положении на аэродинамическом столе по результатам обработки изображений камеры. Перед проведением экспериментов проводятся калибровочные испытания, с помощью которых определяются возмущения, действующие на столе, и оценивается величина управляющего воздействия актюаторов. На стенде проводятся эксперименты по автономному движению макетов в задачах группового полёта, а также тестируются различные подходы к активному выводу космического мусора.

22.05-01.203 Сравнительный анализ точности трех различных схем при сквозном расчете ударных волн. *Ковыркина О.А., Курганов А.А., Остапенко В.В. Мат. моделир.* 2022. 34, № 10, с. 43-64. Рус.

Проведен сравнительный анализ точности численных схем WENO (Weighted Essentially Non-Oscillatory), CWA (Compact high order Weak Approximation) и CU (Central-Upwind) при расчете разрывных решений с ударными волнами, распространяющимися с переменной скоростью. Показано, что WENO и CU схемы повышенной точности на гладких решениях, при построении которых используется нелинейная коррекция потоков, имеют приблизительно первый порядок интегральной сходимости на интервалах, одна из границ которых находится в области влияния ударной волны. В то же время CWA схема повышенного порядка слабой аппроксимации, при построении которой нелинейная коррекция потоков не применяется, сохраняет приблизительно второй порядок интегральной сходимости в областях влияния ударных волн. В результате в этих областях точность WENO и CU схем оказывается существенно ниже, чем CWA схемы. Предлагается теоретическое обоснование этих численных результатов.

22.05-01.204 Профилирование сверхзвуковой части пространственного сопла максимальной тяги. *Мизайлов И.Е. Журнал вычислительной математики и математической физики.* 2021. 61, № 10, с. 1684-1692. Рус.

Рассматривается задача о нахождении формы пространственной сверхзвуковой части сопла, проходящей через круглое критическое сечение сопла и выходной контур, вписанный в заданные габариты, которая имеет наибольшую тягу среди всех возможных допустимых форм. Составляется функционал Лагранжа, в котором все уравнения газовой динамики и граничное условие учитываются с помощью переменных множителей Лагранжа. Выписывается первая вариация функционала. Уравнения и связи, обращающие первую вариацию в нуль, образуют сопряженную задачу для множителей Лагранжа и условие оптимальности. Разработан вычислительный алгоритм совместного решения уравнений газовой динамики и сопряженной задачи. Приводятся примеры расчетов.

См. также **22.05-01.24, 22.05-01.30, 22.05-01.33, 22.05-01.34, 22.05-01.42, 22.05-01.44, 22.05-01.45, 22.05-01.46, 22.05-01.47, 22.05-01.48, 22.05-01.49, 22.05-01.50, 22.05-01.51, 22.05-01.165, 22.05-01.166, 22.05-01.171, 22.05-01.172, 22.05-01.173, 22.05-01.174, 22.05-01.177, 22.05-01.178**

Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

См. **22.05-01.29**

Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

Акустические волны в многофазных средах

22.05-01.205 Связь состояния сдвиговой трещины в гранулированном материале и акустоэмиссионных и деформационных данных. *Морозова К.Г., Остапенко А.А. Акустический журнал.* 2022. 68, № 5, с. 543-549. Рус.

Фрикционное скольжение по разломам и крупным трещинам является преобладающим механизмом коровых землетрясений. Лабораторные эксперименты в постановке слайдер-модели являются действенным инструментом получения информации о закономерностях зарождения лабораторных землетрясений. В настоящей работе представлены результаты акустоэмиссионных (АЭ) лабораторных экспериментов, направленных на исследование различных режимов фрикционного скольжения модельной трещины и установление единого эволюционного закона подготовки актов быстрого и медленного проскальзывания на основании синхронной непрерывной регистрации АЭ и кумулятивного смещения блоков. Введен новый параметр состояния трещины — обобщенный дефицит, позволяющий с высокой точностью контролировать стадию цикла ее нагружения. Обобщенный дефицит учитывает вариации излученного потока

энергии АЭ и перемещения берегов трещины, тем самым учитывает процессы, протекающие на микро- и макроуровне, соответственно. Скорость изменения обобщенного дефицита имеет единую картину эволюции при всех реализованных режимах скольжения и может быть использована как индикатор перехода трещины в предельное состояние. В ходе экспериментов установлена функциональная зависимость между фрикционной прочностью трещины, скоростью ее деформирования и потоком излучаемой энергии АЭ, что указывает на связность процессов, протекающих на микро- и макроуровнях. Ключевые слова: акустическая эмиссия, гранулированная среда, разлом, лабораторный эксперимент.

22.05-01.206 Физико-математическое моделирование ослабления гомогенных и гетерогенных детонационных волн облаками капель воды. *Тропин Д.А., Лаврук С.А. Физика горения и взрыва.* 2022. 58, № 3, с. 80-90. Рус.

Методами механики многофазных сред исследовано взаимодействие гомогенных и гетерогенных детонационных волн в смесях алюминия в кислороде и водорода в кислороде с облаком капель воды. Определены основные механизмы взаимодействия: распространение ослабленной детонационной волны

со скоростью, меньшей скорости Чепмена—Жуге, и срыв детонации. Определены критические условия распространения детонации в водяных завесах. Проведено сравнение критических условий с результатами моделирования подавления детонации с помощью облаков инертных частиц.

См. также **22.05-01.39**

Сейсмическое зондирование геологических структур

22.05-01.207 Система сейсмического мониторинга с использованием молекулярно-электронных преобразователей. *Желонкин А.И. Экологические системы и приборы.* 2007, № 2, с. 1951. Рус.

Измерение и сбор информации о сейсмической обстановке, образовании и распространении волновых процессов проводятся системами определенным образом расположенных разветвленных сетей приема, обработки, передачи и преобразования сигналов. Задача создания измерительных систем, связанная с разработкой экономичных с высоким коэффициентом преобразования, пригодных для промышленного производства, устройств и систем измерения акустических, сейсмических процессов и параметров механического движения, решается с использованием молекулярно-электронных инерционных преобразователей.

22.05-01.208 Построение дифракционных изображений после выделения рассеянной компоненты в сейсмических волновых полях. *Протасов М.И. Геофизика.* 2022, № 2, с. 2-7. Рус.

Дифрагированные/рассеянные волны используются для построения дифракционных сейсмических изображений и дальнейшей интерпретации. Существуют различные алгоритмы их извлечения, которые можно разделить на три класса по этапам обработки данных: процедуры в области данных, методы на основе миграции и обработка изображений. В статье представлен алгоритм выделения рассеянных волн в области данных. Также проводится исследование влияния выделения рассеянных волн на процедуру миграции, основанную на построении селективных изображений. Численные эксперименты выполнены с использованием синтетических данных, полученных для реалистичной модели с трещинами месторождения в Восточной Сибири.

22.05-01.209 Акустические исследования глинистых пород в процессе термального метаморфизма. *Егоров Н.А., Краснова М.А., Белобородов Д.Е., Афиногенова Н.А., Матвеев М.А. Геофизические исследования.* 2021. 22, № 1, с. 68-87. Рус.

Представлены результаты ультразвукового исследования образцов глинистых пород брекчиевидной структуры при поэтапном нагреве до температур 800 и 1100°C. Эксперименты проводились в целях изучения изменения скоростей и затухания упругих волн при минеральных и структурных преобразованиях в породе в процессе термального метаморфизма. Объектами рассмотрения являлись образцы сопочной брекчии группы грязевых вулканов. В ходе эксперимента определялась скорость продольной волны в образцах после прогрева. Изменения минерального состава контролировались с помощью рентгенодифракционного анализа; для контроля структурных изменений проводилось изучение шлифов на разных этапах прогрева. Методом спектральных отношений исследовалось затухание продольной волны. Анализ зависимостей скорости продольной волны от температуры прогрева для разных грязевых вулканов позволил группировать вулканы предположительно по глубинности питающих очагов. При этом оценка изменений затухания и минерального состава не противоречит выводам, сделанным на основе анализа скоростей. При проведении описываемых экспериментов, разработан новый методический подход, позволяющий изучать образцы слабо консолидированных горных пород в лабораторных условиях на частотах ультразвукового диапазона. Представлены результаты ультразвукового исследования образцов глинистых пород брекчиевидной структуры при поэтапном нагреве до температур 800 и 1100.

22.05-01.210 К проблеме идентификации возможных предвестников сильных сейсмических событий в локальных вариациях компонент вектора геомагнитного поля. *Григорян А.Г., Лиходеев Д.В. Геофизические исследования.* 2021. 22, № 3, с. 5-25. Рус.

Вариации геомагнитного поля (солнечно-суточные, бухтообразные и др.), вызываемые внешними источниками, такими как ионосферные токи в слое E, токи протекающие в верхних слоях атмосферы, содержат в себе важную информацию о геодинамических процессах в земной коре. Для оценки изменения состояния геологической среды был использован параметр $N(A)$ — отношение амплитуд вариаций напряженности геомагнитного поля, вызываемых внешним источником и измеренных синхронно на разных станциях. Расчетный параметр $N(A)$ позволяет оценить пространственно-временные изменения в локальном отклике геомагнитного поля и изменения электропроводности, выделить зоны, где наиболее активно развивается геодинамический процесс, и в дальнейшем определить области подготовки очагов крупных землетрясений. Показано, что для системы выбранных наблюдательных пунктов в Республике Армения изменения параметра $N(A)$ вызваны, главным образом, индуцированной составляющей геомагнитного поля. Используя бухтообразные вариации с периодами 10—25, 25—60, 60—90 мин и Sq-вариации за 1986—1993 гг., были обнаружены аномальные изменения локального геомагнитного поля, отражающие активизацию различных геодинамических процессов на разных глубинах земной коры и верхней мантии в пределах исследуемой территории Республики Армения. Выявлены предвестники двух сильных землетрясений — Парванйского (13.05.1986 г., $M=5.3$) и Спитакского (07.12.1988 г., $M=7.0$). Методика применена также в районе Эльбрусского вулканического центра в пунктах наблюдения “Баксан” и “Кубань”. Изучены бухтообразные вариации с периодами 10—25, 25—60 мин и Sq-вариации за период 2011—2013 гг. Небольшие величины аномалий параметра $N(A)$ указывают на незначительные изменения электромагнитных параметров в районе точек наблюдения, что говорит о слабых вариациях флюидного режима геологической среды в районе Эльбрусского вулкана и подтверждается данными других наблюдений. Исследования локальных изменений параметра $N(A)$ позволяют контролировать процессы в геологической среде, связанные с напряженно-деформированным состоянием и динамикой флюидного режима. Это важно для поиска предвестников землетрясений и извержений вулканов.

См. также **22.05-01.126**

Исследование геологических сред с использованием сейсмического шума

См. **22.05-01.205, 22.05-01.207, 22.05-01.208, 22.05-01.209, 22.05-01.210**

Обратные задачи сейсмоакустики

См. **22.05-01.126, 22.05-01.207, 22.05-01.208, 22.05-01.210**

Акустическое и вибрационное воздействие на нефте- и газоносные структуры

22.05-01.211 Повышение уровня безопасности на объектах нефтегазового комплекса с применением спектрального акустооптического газоанализатора. *Мухаммадиев А.А., Ураксеев М.А. Экологические системы и приборы.* 2006, № 9, с. 4435. Рус.

Предложено использование спектрального акустооптического газоанализатора для повышения уровня безопасности на объектах нефтегазового комплекса. Приведены основные достоинства спектрального акустооптического газоанализатора при использовании на предприятиях нефтегазового комплекса.

22.05-01.212 Моделирование выбросов и экологический мониторинг на объектах нефтегазового комплекса. *Мухаммадиев А.А., Солодовников А.В. Экологические системы и приборы.* 2011, № 3, с. 19-23. Рус.

Описывается роль и место моделирования, а также достоинства и недостатки данного метода познания. Приводится описание методики построения модели выброса газообразного вещества и результаты моделирования. Рассмотрены принцип действия и достоинства спектрального акустооптического газоанализатора для количественного и качественного экологического мониторинга. Ключевые слова: модель; моделирование; вычислительная газодинамика; топливовоздушные смеси; акустооптический газоанализатор; акустооптический перестраиваемый фильтр.

Акустика в космологии и астрофизике

22.05-01.213 Сейсмоакустический аналог экспери-

мента Паунда—Ретки и его геофизические приложения. Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Инженерная физика. 2011, № 12, с. 34-41. Рус.

Для экспериментов использовалось поле сил, возникающее при работе центрифуги, когда на процессы и объекты воздействуют центробежные и центроостремительные и центробежные силы. При скоростях вращения центрифуги $N=3000-4000$ об/м центробежное ускорение велико (более 1000 G) и акустическая волна как физический объект в стержне испытывает это ускорение и приходит к приемнику с измененной скоростью. Так наблюдался эффект смещения частоты описываемый уравнением Доплера: Показано, что зарегистрированный эффект послужит основой для геофизических методов изучения Земли и планет.

Акустическая экология; Шумы и вибрации

Шумы и вибрации в воздушной среде

22.05-01.214 Оценка акустической ситуации внутриквартальных рекреационных территорий Самары и пути ее оптимизации. Орлов О.Г., Шабанова А.В. Экологические системы и приборы. 2014, № 9, с. 26-31. Рус.

Городские рекреационные объекты являются важнейшим ресурсом ежедневного и еженедельного циклов рекреации. Акустическая ситуация представляет собой важный компонент эколого-гигиенической характеристики рекреационного объекта наряду с уровнем химической загрязненности компонентов природной среды. В рамках программы экологической паспортизации городских рекреационных объектов г. Самары была произведена оценка акустической ситуации шести объектов — парк «Воронежские Озера», четыре объекта неорганизованной рекреации в микрорайонах. Измерения уровня шума проводились в наиболее посещаемых точках — у прудов. Показано, что уровень шума превышает допустимый в половине рассмотренных случаев. Источником шума являются близко расположенные автомагистрали (ул. Стара Загора, пр. Кирова, Московское шоссе). Предложены меры по оптимизации акустической ситуации, в частности, путем создания трехъярусной фитозащиты от шума вдоль магистралей. Ключевые слова: шум; городские рекреационные.

22.05-01.215 Акустошумовое загрязнение промышленных городов (на примере г. Муром). Булкин В.В. Экологические системы и приборы. 2016, № 1, с. 18-21. Рус.

Объектом исследования является уровень акустошумового загрязнения на территории г. Мурома. Работа выполнена с использованием методики системного анализа и контрольно-измерительных процедур в реальных условиях городской среды. Анализ основных автотранспортных потоков, наличие межобластных грузовых перевозок через территорию города, территориальное деление города на два крупных района с естественными ограничениями транспортной связи между ними, а также учет других особенностей городской инфраструктуры, позволили выявить зоны города с повышенным уровнем шума. На основании проведенного анализа определены участки городской территории, на которых следовало провести измерения уровня шума. Проведены измерения уровня шума в указанных точках, проведен анализ результатов измерений. Полученные данные показывают, что в указанных зонах имеет место существенное (до 28 дБ) превышение уровня шума над установленными санитарными нормами. Сделан вывод о необходимости составления шумовой карты города, для чего необходимо проведение совокупности исследовательских работ по анализу акустошумовой обстановки и прогнозированию направления распространения шума под влиянием локальных условий, включая условия метеорологические. Ключевые слова: акустический шум; автомобильный транспорт; измерение уровня шума; распространение шума; акустошумовая карта города.

22.05-01.216 Особенности шумового воздействия автотранспорта в городской среде. Горецкая А.Г., Марго-

лина И.Л., Мороз А.В. Экологические системы и приборы. 2017, № 6, с. 19-23. Рус.

На примере Академического района Москвы, расположенного в юго-западном округе столицы, рассмотрены основные особенности шумового загрязнения от автотранспорта, являющегося одним из главных источников техногенного шума в городской среде. Приведены и проанализированы результаты полевых исследований уровня шумового воздействия автотранспорта на проезжих улицах и магистралях обследуемого административного района. Представлены данные по уровню шума, зафиксированного на разных этапах движения автотранспорта. Измеренные уровни шума позволили выделить наиболее неблагоприятные по шумовой обстановке участки исследуемого района — зоны акустического дискомфорта. Ключевые слова: шумовое загрязнение; автомобильный транспорт; городская среда; мониторинг; движение транспортного потока.

22.05-01.217 Основные источники подводного шума морских судов, морских нефтегазопромысловых сооружений и объектов портовой инфраструктуры. Жарких Н.В., Таровик В.И. Труды Крыловского государственного научного центра. 2022, № 3, с. 128-138. Рус.

Объект и цель научной работы. Статья является частью процесса подготовки проекта национального стандарта Российской Федерации (далее — Стандарт), включающего общие положения с описанием источников техногенного подводного шума морских судов, нефтегазопромысловых сооружений и объектов портовой инфраструктуры. Материалы и методы. В работе рассматриваются вопросы, касающиеся источников техногенного подводного шума от морской промышленной и транспортной деятельности на Северном морском пути и других акваториях российских морей. Информация об источниках указанного шума, в т.ч. в ледовых условиях, основывается на обобщении публикаций и материалов в СМИ, посвященных данной проблеме, а также на опыте работы сотрудников Крыловского центра. Основные результаты. Выполнена оценка основных источников техногенного подводного шума морских судов, морских нефтегазопромысловых сооружений и объектов портовой инфраструктуры. Результаты исследования предназначены для использования при подготовке проекта Стандарта, направленного на регламентацию техногенного подводного шума в акваториях российских морей. Заключение. Приведенное в статье техническое описание объектов морской техники дает возможность определить основные направления стандартизации параметров их подводной шумности.

22.05-01.218 Акустическое поле источника, движущегося по нормали и вдоль границы раздела сред с резким перепадом импеданса. Заславский Ю.М., Заславский В.Ю. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 2, с. 2220301. Рус.

Исследуется акустическое поле, создаваемое пульсирующим источником, движущимся в атмосфере вдоль и перпендикулярно границе раздела вода-атмосфера с дозвуковой скоростью. Выведены расчетные соотношения для амплитуды, частоты и длительности звукового импульса, регистрируемого в

обеих средах в окрестности раздела. Пространственное распределение амплитуды акустического поля в атмосфере и в жидкости представлено в виде двумерного рельефа для демонстрации его особенностей и зависимости от скорости и направления движения источника звука. Анализируется связь между характеристиками акустического излучения и средней глубиной на акватории.

22.05-01.219 Оценки раздражающего действия шума. *Римская-Корсакова Л.К., Пятаков П.А., Шуляпов С.А. Акустический журнал.* 2022. 68, № 5, с. 550-561. Рус.

Шум определяют как слышимый звук, который нарушает тишину и вызывает раздражение. Такое раздражение традиционно оценивают по А-взвешенному уровню звукового давления шума, примерно соответствующему уровню воспринимаемой громкости. Однако А-взвешенная шкала неприменима для анализа тональных, импульсных и преимущественно низкочастотных шумов, поэтому были разработаны методы расчетов громкости шумов в линейных единицах — сонах, учитывающие не только слуховую чувствительность, но и свойства маскировки и слуховые временные эффекты. Существование пределов снижения уровней шумов и их информационная значимость привели к появлению других методов оценки шумового раздражения. За раздражение, помимо громкости, отвечают такие субъективные качества шума, как резкость, хриплость, сила колебаний, тональность и др. Для них определены единицы измерений и разработаны методы расчетов. С учетом таких качеств была предложена метрика краткосрочного психоакустического раздражения, справедливая для многих видов шумов. Другой способ оценки психоакустического раздражения включает в себя проведение слуховой экспертизы и построение математической модели, связывающей ранг слухового раздражения с измеренными субъективными качествами шумов. Полученная модель помогает: выявлять причины раздражения (раздражающие субъективные качества); разрабатывать планы работ, направленных на шумоподавление, на формирование приятных шумов машин и механизмов; контролировать изменения ранга раздражения в ходе реализации таких планов. В данной работе сопоставляются разные методы оценки раздражения, вызванного шумами, зарегистрированными в вагонах московского метро. Ключевые слова: субъективные качества, громкость, резкость, хриплость, психоакустическое раздражение, шумовые вагоны метро.

22.05-01.220 О подземном звуке "барантида" на Валаамском архипелаге. *Беляков А.С., Лавров В.С., Николов А.В. Геофизические исследования.* 2020. 21, № 1, с. 72-88. Рус.

Зимой 2012 г. на Валаамском архипелаге в Ладожском озере впервые была инструментально зарегистрирована серия теллурических акустических микрособытий, существование которых подтверждалось многочисленными свидетельствами гостей архипелага и местных жителей, давших им интригующее название "барантида". Микрособытия были зафиксированы в середине октября 2012 г. магнитоупругим инерциальным геофоном MIG-3V с трехкомпонентной векторной характеристикой, установленным в скальных породах на о. Никольский для работы в режиме длительного мониторинга. Идентификация сигнала основывалась на совместном использовании полученных инструментальных данных и субъективных описаний явления "барантида" его свидетелями. Были зафиксированы некоторые характерные особенности "барантиды", в частности, определено направление на источник акустических сигналов, возникающих в глубине объемного подземного пространства, расположенного к северо-западу от точки наблюдения. Результаты инструментального исследования сопоставлены с данными, полученными авторами в 2006 г. при проведении длительного мониторинга в Кольской сверхглубокой скважине СГ-3, при котором на глубине 3050 м был прослежен сейсмоакустический процесс, сопровождающийся сигналом, схожим по форме и продолжительности с сигналами "барантиды". Рекомендуется продолжение исследований на о. Никольский с использованием установленного на нем прибора MIG-3V, характеристики которого позволят объективно контролировать сейсмическую и скрытую акустическую активность на островах Валаамского архипелага, лока-

лизовать возможные источники акустических шумов и помогут понять природу редких явлений, подобных "барантиде".

22.05-01.221 Влияние процессов утилизации энергии отработавших газов поршневых двигателей внутреннего сгорания на газодинамические и акустические характеристики глушителей шума. *Груданов В.Я., Ткачева Л.Т., Белозвостов Г.И., Бренч М.В., Пинчук А.А., Русских В.В. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2022. 67, № 3, с. 307-317. Рус.

Представлены научные основы проектирования глушителей шума двигателей внутреннего сгорания (ДВС) с утилизацией теплоты отработавших газов, обеспечивающих выпуск газовых потоков с улучшенными газодинамическими и акустическими характеристиками. Изучен термодинамический анализ процессов утилизации энергии отработавших газов. Термодинамический анализ показал, что утилизация теплоты отработавших газов приводит к повышению термического коэффициента полезного действия (КПД) цикла Отто. Выполнен также эксергетический анализ теплообменных процессов в глушителе и определены пути повышения его термодинамической эффективности. Установлено, что глушитель шума с размещенным внутри теплообменником-змеевиком с позиции второго закона термодинамики, выраженного посредством эксергетического анализа, является более совершенной термодинамической системой по сравнению с обычным глушителем. Дано математическое описание процессов утилизации в условиях внешнего теплового воздействия, при этом выявлен характер влияния теплового воздействия на изменение давления, температуры и плотности. На основе метода Л.А. Вулиса получены аналитические уравнения изменения давления, температуры и плотности. Процессы утилизации энергии отработавших газов способствуют снижению температуры газов, возрастанию плотности, уменьшению скорости потока и падению давления, то есть имеет место эффект (закон Л.А. Вулиса) теплового торможения газового потока, обуславливающего снижение уровня шума при меньшем противодействии и увеличении КПД двигателя.

См. также **22.05-01.193, 22.05-01.194, 22.05-01.195, 22.05-01.200, 22.05-01.201**

Подводные шумы и вибрации

22.05-01.222 Многофакторная зависимость шумов морской среды от гидрометеороусловий. *Иванов В.Г. Экологические системы и приборы.* 2018, № 1, с. 17-21. Рус.

Рассматривается метод получения многофакторной зависимости спектральной плотности шумов морской среды от гидрометеороусловий. По сравнению с известными одномерными зависимостями шумов морской среды от отдельных факторов многомерная зависимость позволяет количественно оценивать вклад каждого фактора в общую зависимость, что позволяет более точно оценивать результаты мониторинга морской среды и прогнозировать эффективность гидроакустической аппаратуры мониторинга в различных ситуациях. Метод проиллюстрирован расчетом трехфакторной зависимости спектральной плотности шумов на основе экспериментальных данных. Ключевые слова: мониторинг морской среды; многофакторная зависимость; математическое планирование эксперимента; уравнение регрессии; адекватность модели.

22.05-01.223 Сравнение результатов измерений уровней подводного шума источника, полученных прямым методом и с использованием векторно-фазовой обработки. *Калью В.А., Краснописцев Н.В., Лосев Г.И., Некрасов В.Н., Петрова В.В., Смирнов Д.А. Труды Крыловского государственного научного центра.* 2022, № 3, с. 121-127. Рус.

Объект и цель научной работы. Оценки уровня подводного шума движущегося широкополосного источника, получаемые прямыми и косвенными методами, с использованием комбинированного приемника звукового давления и компонент вектора колебательной скорости. Материалы и методы. Теоретические исследования с помощью компьютерного моделирования, натурные эксперименты в реальных условиях измерения, статистический анализ результатов экспериментов. Основные резуль-

таты. По представительным выборкам выполнено сравнение оценок уровня шума, получаемых прямым методом, только по каналу звукового давления, и косвенным методом, путем пересчета значений потока акустической мощности в идеальных условиях и в условиях реальной акватории. Заключение. В идеальных условиях измерения статистически значимое различие двух способов оценивания имеет место только на частотах ниже 16 Гц. По результатам натурного эксперимента в реальных условиях показано, что оценка, полученная на основе вектора плотности потока мощности, обладающего пространственной избирательностью, характеризуется большей достоверностью и точностью, т.к. меньше подвержена влиянию отражений от границ акватории.

См. также 22.05-01.146, 22.05-01.217, 22.05-01.220

Биологические эффекты шумов и вибраций

См. 22.05-01.214, 22.05-01.215, 22.05-01.216, 22.05-01.219

Воздействие шумов и вибраций на сооружения и технику

См. 22.05-01.193, 22.05-01.194, 22.05-01.195

Структурная акустика и вибрации

22.05-01.224 Устройство ослабления акустической обратной связи с компандированием огибающей речевого сигнала. *Галиев А.Л., Шижкина А.Ф. Промышленные АСУ и контроллеры.* 2011, № 6, с. 48-50. Рус.

Рассматривается способ ослабления паразитной акустической обратной связи путем управления коэффициентом усиления усилителя по закону изменения огибающей сигнала. Анализируется один из частных критериев устойчивости, устанавливающий признак начала самовозбуждения электроакустической системы. Ключевые слова: компандер, огибающая сигнала, динамический диапазон, мгновенная частота, компрессор.

22.05-01.225 Проблемы и перспективы защиты акустической речевой информации. *Титов М.Ю., Журавлёв С.И., Ершов Н.С., Костина Н.М. Промышленные АСУ и контроллеры.* 2021, № 2, с. 55-58. Рус.

Рассматривается проблема защиты речевой информации от утечки по техническим каналам. Раскрыты особенности проявления технических каналов утечки, связанных с акустическими преобразованиями, описаны некоторые способы получения информации. Ключевые слова: акустическая речевая разведка; форманта; фонема; защита информации; разборчивость речи; речевой сигнал.

22.05-01.226 Аппроксимация значений коэффициентов опор балки при колебаниях и потери устойчивости. *Кудрявцев И.В., Рабецкая О.И., Митяев А.Е. Сибирский аэрокосмический журнал.* 2022. 23, № 3, с. 461-474. Рус.

Рассмотрена проблема расчета первой собственной частоты колебаний и первой критической силы для балки с упругими опорами. Аналитический обзор литературы по решению таких задач показал, что в теории колебаний и теории устойчиво-

сти стержней учет условий закрепления основан на использовании коэффициентов опор, значения которых были получены после решения соответствующего дифференциального уравнения. В рассмотренной литературе содержится только ограниченный набор значений этих коэффициентов, в основном для идеальных опор простых типов: шарниры, заделка и др. Учет жесткости опор можно найти только в отдельных изданиях и только для ограниченного числа вариантов значений. В данной работе выполнен расчет коэффициентов опор в зависимости от жесткости закрепления балки для первой собственной частоты колебаний и первой критической силы. Полученные значения были разделены на три зоны жесткостей и аппроксимированы внутри каждой зоны квадратичными функциями. Использование квадратичной аппроксимации позволило получить простые аналитические зависимости, пригодные для инженерных прикладных расчетов, а разбиение жесткости на зоны обеспечило приемлемую погрешность получаемых значений. Также квадратичные зависимости позволили решать обратные задачи по определению жесткостей опор для заданного значения первой собственной частоты колебаний или первой критической силы. Проведено подробное исследование погрешности полученных аппроксимирующих функций по всему рассмотренному диапазону жесткостей, которое показало, что погрешность определения коэффициента опор при колебаниях составляет не более 2%, а при потере устойчивости — 6%. Погрешность зависит от сочетания жесткостей опор и может увеличиться, если жесткости различаются более чем на порядок. Также была установлена высокая чувствительность решения обратной задачи к входным данным, что является следствием высокой нелинейности зависимости коэффициентов опор от жесткости. Полученные результаты можно использовать при инженерных расчетах первой собственной частоты колебаний и первой критической силы балки с упругими опорами.

22.05-01.227 Динамическая прочность компактных резонирующих вибропоглотителей, применяемых в судовых валопроводных системах. *Троицкий А.В., Контиевская О.А. Труды Крыловского государственного научного центра.* 2022, № 3, с. 52-57. Рус.

Объектом исследования являются компактные резонирующие (резонансные) полосовые вибропоглотители (РПВ). Цель — разработка метода расчета динамической прочности (вибропрочности) РПВ, предназначенного для оценки возможности их применения в судовых валопроводных системах. Исходными данными и материалом для исследования являлись конструкция РПВ и амплитудное значение переменных составляющих сил, сопровождающих изгибную вибрацию валопровода. Применены упрощенные методы расчета динамики и прочности тонких пластин при их деформировании в упругой области. Разработан метод расчета динамической прочности РПВ. Получены соотношения, позволяющие выбрать геометрические размеры РПВ, обеспечивающие их динамическую прочность и эффективность виброгашения. Подтверждена возможность обеспечения вибропрочности РПВ, предназначенных для гашения вибрации пролета валопровода, с учетом принятых в задаче исходных данных.

Шумоизоляция

См. 22.05-01.224, 22.05-01.225

Акустика помещений; Музыкальная акустика

Акустика концертных залов

22.05-01.228 Управление звуковым полем в театральном-концертных залах. *Игнатов П.В., Алдошина И.А. Музыкаведение.* 2020, № 6, с. 37-41. Рус.

Статья посвящена вопросам влияния акустики театральном-концертных залов на исполнительское искусство и слушательское восприятие в контексте применения современных систем управления акустическими параметрами зала, которые дают

уникальные возможности оптимизировать акустику практически любого зала даже для конкретного стиля, жанра музыкального произведения, состава исполнителей, обогащая звуковой образ как для музыкантов оркестра и дирижера, так и для слушателей. В центре внимания — взаимосвязь акустики театральном-концертных залов с исполнительским искусством и слушательским восприятием музыкальных концертов сквозь призму активного управления звуковым полем. Ключевые слова: исполнительское искусство, слушательское восприятие, звуковой образ, аурализация, электронная архитектура, активное

управление звуковым полем, акустика театрально-концертных залов.

Акустика жилых помещений

См. 22.05-01.224, 22.05-01.225

Акустика духовых инструментов

22.05-01.229 Основы звукообразования на духовых инструментах. Волков Н.В. *Музыка и время*. 2009, № 6, с. 3243. Рус.

Духовой инструмент представлен как автоколебательная система с акустической обратной связью воздушного столба на трость (клапан). На основе выявленных механизмов поведения трости определены основные задачи исполнителя по ее управлению. Ключевые слова: духовой инструмент, автоколебательная система, трость.

См. также 22.05-01.12

Общие вопросы строительной акустики

22.05-01.230 Усилия от пульсационной составляющей ветра на здания призматической формы. Кузнецов В.С., Екимовская В.А. *Вестник научно-технического развития*. 2022, № 164, с. 10-22. Рус.

Пульсационная ветровая нагрузка является важной составляющей общей ветровой нагрузки, в значительной мере, влияющей на напряженно-деформированное состояние зданий и сооружений. На величину и траекторию действия пульсационной нагрузки влияют: вид ландшафта, условия застройки, конфигурация, жесткость здания и др. Влияние вида и величины пульсационной нагрузки изучалось на примере многоэтажных железобетонных каркасных зданий, высотой до 80 метров с различными пропорциями ветровой поверхности, что соответствует большинству типовых проектов жилых и гражданских зданий. В работе выявлялись и устанавливались корреляционные связи коэффициентов пульсации с высотой здания его формой. Для вертикальных элементов каркаса вычислялись усилия от действия пульсационной нагрузки, при различных формах ее представления. Сравнительный анализ показал неоднозначность результатов, допускающих возможность превышения или недогруженности конструкций зданий. Установление локальных участков зданий с возможными превышениями расчетных нагрузок позволяет прогнозировать расположение начальных очагов прогрессирующего разрушения.

22.05-01.231 Фильтрация данных сейсмоакустического контроля сплошности свай с использованием непрерывного вейвлет-преобразования. Лозовский И.Н., Лосева Е.С., Сясько В.А. *Контроль. Диагностика*. 2022, № 9, с. 36-45. Рус.

Сейсмоакустический метод контроля железобетонных свай широко применяется благодаря высокой производительности и небольшому объему работ по подготовке свай к испытаниям. При низких значениях отношения сигнал/шум традиционные методы анализа сигналов зачастую не позволяют оценить длину и сплошность испытываемых конструкций. Представлена методика частотно-временного анализа данных сейсмоакустического контроля с использованием непрерывного вейвлет-преобразования, позволяющая выделить информативные составляющие сигналов, осложненных интенсивными помехами. Приведены результаты анализа сигналов с использованием различных материнских вейвлетов, показаны преимущества применения комплексного вейвлета Морле. Для выделения полезной составляющей сигнала предложено выполнять медианное усреднение значений энергии вейвлет-коэффициентов в диапазоне частот, в пределах которого наиболее ярко выражен импульс, отвечающий возбуждению упругих волн в свае. Возможности методики проиллюстрированы на данных сейсмоакустического контроля с добавлением синтетического шума и на результатах испытаний буронабивной сваи большой длины. Применение методики позволит повысить надежность и информативность результатов интерпретации данных сейсмоакустиче-

ских испытаний свай.

Общие вопросы музыкальной акустики

22.05-01.232 Пищуца машинка для композитора: К археологии рисованного звука. Кривуля Н.Г. *Музыковедение*. 2008, № 6, с. 3685. Рус.

Статья посвящена специфическим оптикоакустическим технологиям, появившимся в конце 1920-х годов в связи с возникновением звукового кино. Одной из них была технология рисованного или синтетического звука. Экспериментами в области создания рисованного звука на рубеже 1920—1930-х годов занимались исследователи и аниматоры в Англии, Германии и Советском Союзе. Немецкий изобретатель и аниматор Рудольф Пфеннингер был одним из первых, кто синтезировал звук, создав новый метод записи музыки. Ключевые слова: оптикоакустические технологии, Пфеннингер, рисованный звук, звуковое кино.

22.05-01.233 Уникальный инструмент Ф. Листа. Михайлова Ю.Л. *Музыковедение*. 2008, № 7, с. 3696. Рус.

В середине XIX века рояль и орган были объединены в один инструмент. Вдохновителем такого эксперимента оказался Ф. Лист. Звуковые возможности этого гибрида удивительны, необычны и вновь наводят на мысль о возможном усовершенствовании современных клавишных акустических инструментов. Ключевые слова: Лист, рояль, орган, клавишные инструменты.

22.05-01.234 Гетерофония вятских мари: опыт комплексного изучения. Косырева С.В. *Музыковедение*. 2010, № 3, с. 3016. Рус.

Статья посвящена комплексному изучению традиционного музыкального фольклора вятских мари. Предлагается методика акустического анализа темброинтонационных пластов (гетерофонов), сформировавших гетерофонию вятских мари. Ключевые слова: гетерофония, гетерофоны, темброинтонирование, акустический анализ.

22.05-01.235 Инструментальное темброинтонирование в традиционной музыке вятских мари. Косырева С.В. *Музыковедение*. 2011, № 3, с. 321. Рус.

Статья посвящена проблеме инструментального темброинтонирования в музыкальной традиции вятских мари. Особое внимание уделено вокальным гетерофонам, обладающим инструментальной характеристикой. Данный феномен рассматривается с точки зрения влияния тембра и строя марийского аэрофона шувьра на вокальную эстетику. Ключевые слова: инструментальное темброинтонирование, гетерофоны, акустический анализ, шувьра.

22.05-01.236 Эффект «резонирования» в гармонической системе Р. Декарта. Чебуркина М.Н. *Музыковедение*. 2012, № 6, с. 2-6. Рус.

Предлагается новый цикл статей, посвященный музыкальной теории и органной практике французского Барокко. Первая статья выявляет факт обоснования во Франции одного из основополагающих акустических феноменов — эффекта «резонирования». Явление «резонирования», или эффект резонирующих обертонов, демонстрируется в 1618 году великим французским философом и ученым Рене Декартом, автором «Краткой теории музыки». Настоящая статья концентрирует свое внимание на анализе декартовских положений, которые закладывают фундамент французского учения о пропорциях и лежат в основе создания классической теории интервалов и аккордов.

22.05-01.237 Виды электронного музыкального творчества. Красильников И.М. *Музыковедение*. 2012, № 11, с. 2-8. Рус.

Электронная музыка — это совокупность объединенных стереофоническим складом фактуры музыкальных явлений. Ее подразделение на виды определяется опорой на различные базовые музыкально-коммуникативные модели: автокоммуникацию, импровизацию или композицию, а также — степенью полноты использования электроакустического звукового материала в зависимости от ориентировки на возможности звукорежиссерских, связанных с аналоговым синтезом или цифровых

средств его создания. Ключевые слова: электронная музыка, стереофонический склад фактуры, звуковой материал, автосинтез, импровизация, композиция.

22.05-01.238 Понятие тональности и концепции тоника в музыке Ю. Каспарова на примере цикла миниатюр для 12 исполнителей «Символы Пикассо» (2003): исследование новых музыкальных горизонтов. *Дьячкова Л.С. Музыкаведение*. 2013, № 10, с. 3-11. Рус.

В центре внимания данной статьи — исследование новых музыкальных горизонтов в творчестве Ю. Каспарова. Пространство творческих поисков композитора фокусируется на понятиях тоника и тональность, которым Ю. Каспаров придает нетрадиционные значения. Рассматриваются различные виды тоники, ее новые конструктивные и колористические возможности, новые смысловые координаты. Образование звуков, типов фактур, основанных на акустических эффектах — все это выдвигается на конструкцию и образность композиции и является предметом анализа. Объектом исследования стало произведение «Символы Пикассо», в котором ярко отразились многие аспекты художественного мира мастера, в том числе и роль тоника в системе выразительных средств. В основу работы была положена методология, сочетающая в себе методы стилистического и компаративного анализа.

22.05-01.239 Некоторые наблюдения над иерархией близкородственных звуковысотных отношений. *Станишевский Я.И. Музыкаведение*. 2015, № 2, с. 54-61. Рус.

Вопросы иерархии отношений между тональностями имели большое значение в теории музыки Нового времени. Однако сходная проблематика обсуждалась и в связи с другими элементами гармонии, прежде всего, аккордами и звуками. Обычно различные звуковысотные отношения распределялись по нескольким степеням родства. Но некоторые музыковеды (например, Л. Эйлер, Д. Кельнер, И.Л. Фукс, Г. Гельмгольц, А.Л. Спасская, Э. Праут, Г. Рима, Г.Л. Катуар, Ю.Н. Тюлин, П. Хиндемит и Н.А. Гарбузов) рассматривали иерархию отношений более детализированно. Сравнение ряда систем родства (как между тональностями, так и между звуками) выявляет сходство в иерархии отношений у разных ученых. Несмотря на очевидное различие таких явлений, как звук и тональность, можно найти некоторые общие закономерности родства, частично связанные с акустикой. Настоящая статья посвящена конкретизации этой проблемы. Ключевые слова: звуковысотное родство, система тонального родства, тональность, отно-

шения звуков и аккордов, акустические отношения, Хиндемит, Гельмгольц.

22.05-01.240 Кажущееся и действительное в голосе певца. *Григорьев Ю.А. Музыка и время*. 2010, № 1, с. 3193. Рус.

Статья посвящена акустической системе человека. Автор описывает механизмы ее функционирования в процессе пения и призывает отличать образное восприятие пения от его истинной природы. Ключевые слова: пение, голос, акустическая система человека.

22.05-01.241 Обертональный диалог и его символика в раннеевропейской музыке. *Шуранов В. Музыка и время*. 2012, № 7, с. 30-35. Рус.

Прослеживается общая логика формирования «чистого строя» в раннеевропейской музыке и ее ладовых и композиционных структур. В основе этой логики лежат акустические свойства самого звука, которые с древних времен выражались в символических и метафизических представлениях о двудеиной (сакрально-диалогической) структуре бытия. На конкретных примерах показано действие «квинтового архетипа» на лад и синтаксис раннеевропейской музыки. Обозначена также перспектива его влияния на внутреннюю структуру музыки более поздних эпох. Ключевые слова: Акустика, диатоника и лад, музыкальная форма, Античность, Возрождение.

22.05-01.242 Об эволюции электроакустической музыки: Я. Ксенакис в контексте истории. *Стоянова А. Музыка и время*. 2014, № 2, с. 16-21. Рус.

Обосновывается определение термина «электроакустическая музыка» как академически направленной музыки, материалом которой являются реальные записанные или синтезированные звуки, прошедшие обработку, хранящиеся на каком-либо носителе и нуждающиеся для воспроизведения только в акустической системе. Прослеживается эволюционный процесс развития электроакустической музыки вплоть до нашего времени. Рассматриваются все электроакустические сочинения пионера этого течения Я. Ксенакиса с хронологической и технологической точек зрения. Наблюдается процесс применения стохастических методов как для создания общей композиции, основанной на готовом звуковом материале, так и для создания самих звуков. Показывается степень влияния идей композитора на становление и определение основных путей развития течения в целом. На основе этих наблюдений автором предлагается периодизация электроакустического творчества Я. Ксенакиса.

Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование

Компьютерная обработка результатов эксперимента

22.05-01.243 Быстрый алгоритм решения трехмерной обратной многочастотной задачи скалярной акустики с данными в цилиндрической области. *Бакушинский А.Б., Леонов А.С. Журнал вычислительной математики и математической физики*. 2022. 62, № 2, с. 289-304. Рус.

Предлагается новый алгоритм устойчивого решения трехмерной скалярной обратной задачи акустического зондирования неоднородной среды в цилиндрической области. Данными для ее решения является комплексная амплитуда волнового поля, измеряемая вне области акустических неоднородностей в цилиндрическом слое. Обратная задача сводится с помощью преобразования Фурье и рядов Фурье к решению совокупности одномерных интегральных уравнений Фредгольма I рода, к последующему вычислению комплексной амплитуды волнового поля в области неоднородности и далее к нахождению искомого поля скоростей звука в этой области. Алгоритм позволяет решать обратную задачу на персональном компьютере средней производительности для достаточно мелких трехмерных сеток за десятки секунд. Проведено численное исследование точности предлагаемого алгоритма для решения модельных обратных

задач на различных частотах и исследованы вопросы устойчивости алгоритма по отношению к возмущениям данных.

22.05-01.244 Исследование конструкций пультов оператора с целью выявления конкурентных преимуществ и эргономических решений. *Рылов И.Ю. Гидроакустика*. 2022, № 50, с. <https://www.oceanpribor.ru/docs/SbGA50.pdf>. Рус.

Приведены результаты исследования пультов операторов различных фирм и сравнения их эргономических решений с решениями, используемыми в пульте разработки АО «Концерн «Океанприбор». Исследования проводились с целью выявления конкурентных преимуществ и параметров конструкций для дальнейшего применения этих параметров при проектировании эргономичного пульта оператора-гидроакустика. Ключевые слова: эргономик.

См. также **22.05-01.58, 22.05-01.139**

Компьютерный эксперимент и численное решение классических линейных задач

См. **22.05-01.54, 22.05-01.58**

Компьютерный эксперимент и численное решение нелинейных задач

См. 22.05-01.58

Численное решение обратных задач

Акустика живых систем; Биологическая акустика

Действие акустических колебаний на биологические среды и живые организмы

22.05-01.245 Особенности планирования и обработки результатов активных экспериментальных исследований биомеханических систем на примере анализа взаимодействия зрительного и вибротактильного каналов передачи сенсорной информации. Статников И.Н., Фирсов Г.И. Вестник научно-технического развития. 2022, № 164, с. 23-37. Рус.

Рассматриваются некоторые особенности, возникающие при создании методики планирования и проведения экспериментов, в целях изучения возможностей анализа человеком-оператором информации от совместной работы вибротактильного и зрительного каналов. Излагаются алгоритмические подходы обработки экспериментальных данных, в том числе алгоритм гомотенизации результатов экспериментов по различным характеристикам качества работы человека-оператора применительно к группам испытуемых. На основе полученных экспериментальных данных проводится анализ возможностей решения задач оператором при использовании зрительного и тактильного каналов поступления информации совместно и порознь.

См. также 22.05-01.167, 22.05-01.219

Распространение акустических волн в тканях и органах

22.05-01.246 Автоматизированный контроль состояний пчелиных семей по их акустическим шумам, электрическим и температурным полям. Рыбочкин А.Ф. Промышленные АСУ и контроллеры. 2018, № 1, с. 40-49. Рус.

Рассматриваются два направления в разработке средств контроля над состояниями пчелиных семей по издаваемому ими акустическому шуму. Первое направление: разработанный Глебским С. в Испании прибор на основе смартфона с использованием 30 секундной выборки. Универсальность прибора достигнута за счет усреднения энергетических спектров и всех параметров всех рас пчел. Второе направление: предлагаемая автором статьи, автоматизированная система одновременного контроля состояний пчелиных семей всей пасеки по акустическим шумам и по распределению температурных и электрических полей внутри улья с дистанционной выдачей визуальной информации понятной пчеловоду в любое время по его запросу.

22.05-01.247 Диагностирование состояний пчелиных семей по издаваемому ими акустическому шуму. Рыбочкин А.Ф., Мохсен Шамсан. Экологические системы и приборы. 2015, № 5, с. 9-20. Рус.

Информационные составляющие, которые содержит акустический шум пчелиных семей, является источником информации о каждой пчелиной семье. Установлено, что акустический шум каждой пчелиной семьи индивидуален. Решение задачи декодирования информационных составляющих акустического шума пчелиных семей является актуальной задачей, и накопленный опыт может быть применен при декодировании состояний любых объектов, издающих акустический шум. Помимо индивидуальных составляющих акустического шума пчелиных семей, можно выделить классы состояний, которые являются общими. Рассмотрена возможность комплексной диагностики состояний пчелиных семей, а именно, распознавание их много-

См. 22.05-01.58

Обработка акустических изображений

См. 22.05-01.58

численных состояний, объединяемых в классы путем анализа издаваемого ими акустического шума. Такой способ позволит более достоверно диагностировать состояния пчелиных семей с меньшими трудовыми затратами и выявлять причину поведения пчелиной семьи на текущем этапе ее жизнедеятельности.

22.05-01.248 Акустический мониторинг физиологического состояния пчелиных семей. Рыбочкин А.Ф., Мелентьев Д.А. Экологические системы и приборы. 2016, № 2, с. 3-10. Рус.

Рассматривается возможность анализа акустического шума пчелиных семей с использованием образов спектров, вид которых априори известен. Информацию о состоянии пчелиной семьи можно получать в виде образов спектров, а также в виде кодовых сообщений, по которым строится акустический портрет состояний пчелиных семей. Поскольку информация о состоянии пчелиной семьи определяется видами кодов и частотами их появлений, то возможно построить многомерный виртуальный образ состояния пчелиной семьи. Предлагается вести диагностику и мониторинг состояния пчелиной семьи на основе исследования топологии взаимного расположения двумерных образов состояния на плоскости, а также с использованием диагностических матриц. Ключевые слова: образы спектров; двоичные коды; акустический портрет; классы состояний; диагностическая матрица.

22.05-01.249 Оценка степени принадлежности измененного состояния пчелиной семьи под действием экологических факторов к предшествующему состоянию по издаваемому ею акустическому шуму. Рыбочкин А.Ф., Савельев С.В., Мелентьев Д.А. Экологические системы и приборы. 2016, № 6, с. 33-42. Рус.

При оценке экологического состояния местности предлагается задействовать пчелиные семьи, состояния которых можно установить по издаваемому ими акустическому шуму. Не все пчелиные семьи летают на одни и те же медоносы, конкретная пчелиная семья пасеки выбирает определенный тип медоносов, что соответствует определенному направлению полета пчел на местности и может не совпадать с направлением полета остальных пчел пасеки. В процессе акустического мониторинга пчелиных семей выявляются те пчелиные семьи, в которых происходит нетипичное изменение акустических сигналов. Для этого необходимо сопоставить информационные составляющие акустического шума пчелиных семей, соответствующие предшествующему состоянию экологической обстановки местности с информативными составляющими их измененного состояния. Измененное состояние i-й пчелиной семьи может проявиться в случае внезапного изменения экологического состояния местности, например, в ходе воздействия на местность ядохимикатами. Для принятия решения к принадлежности измененного состояния пчелиной семьи к предшествующим состояниям, установленным до экологического воздействия на местность, предлагается использовать нечеткое представление информативных признаков в принадлежности к состоянию. Рассматривается возможность установки степени принадлежности измененного состояния пчелиной семьи, к определенному классу предшествующих состояний на базе нечеткого представления диагностируемых признаков. Такой способ позволит более достоверно устанавливать состояния пчелиных семей, а также определять экологическое состояние местности, на которой стоит улья с пчелами.

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

22.05-01.250 Ультразвуковая диагностика состояния поверхностных тканей пациента. *Швецов И.А., Швецова Н.А., Колтачева Н.А., Рыбьянец А.Н.* Письма в Журнал технической физики. 2022. 48, № 20, с. 11-16. Рус.

Предложен новый метод ультразвукового исследования поверхностных тканей пациента *in vivo*. Разработана конструкция ультразвукового измерительного модуля для комплексной неинвазивной диагностики состояния и физиологических процессов в поверхностных тканях пациента. Прецизионные измерения скорости и затухания ультразвуковых волн выполнены с использованием эхо-импульсного и трансмиссионного методов. Проведена экспериментальная проверка разработанного ульт-

развукового метода на эталонных растворах и поверхностных тканях пациента *in vivo*. Предложена физико-биологическая интерпретация полученных результатов. Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, эхо-импульсный метод, поверхностные ткани, ультразвуковой диагностический модуль, скорость звука, коэффициент затухания.

Речеобразование и восприятие речи

См. **22.05-01.224, 22.05-01.225**

Физиологическая и психологическая акустика

22.05-01.251 О природе стереофонического эффекта. *Фурдусев В.В.* История науки и техники. 2003, № 11, с. 6202. Рус.

Физические основы технической акустики

Устройства для генерации, репродукции, приема акустических сигналов

22.05-01.252 Широкополосный фазоинвертор с разделенной нагрузкой на основе дифракции Рамана—Ната. *Гасанов А.Р., Гасанов Р.А., Велиева С.Р., Гасанова С.М.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2016, № 4, с. 48-53. Рус.

Приведены некоторые сведения о фазоинверторах с разделенной нагрузкой. Отмечена проблема обеспечения идентичности разнополярных сигналов на разделенных нагрузках. Рассмотрена обобщенная структура акустооптического модулятора. Изложен механизм фотоупругого эффекта. Обсуждены особенности дифракции Рамана—Ната в контексте формирования двух разнополярных сигналов. Показано, что при изменении частоты электрического сигнала на входе акустооптического модулятора симметричные дифракционные порядки смещаются в противоположных направлениях. Именно эта особенность дифракции Рамана—Ната использована для построения фазоинвертора с разделенной нагрузкой. Приведена структурная схема акустооптического фазоинвертора с разделенной нагрузкой. В этом устройстве идентичность разнополярных сигналов на разделенных нагрузках обеспечивается идентичностью параметров и характеристик симметричных дифракционных порядков. Исследованы теоретические аспекты формирования разнополярных сигналов на выходах фазоинвертора. Получены выражения для вычисления выходных сигналов. Эти выражения были использованы для численного анализа работоспособности предложенной схемы. Результаты теоретических исследований апробированы экспериментально. Изложена схема экспериментальной установки. Экспериментальный образец фазоинвертора выполнен на акустооптическом модуляторе, изготовленном на основе стеклообразного фотоупругого материала типа СТФ-4. В экспериментах был использован лабораторный вариант фотоприемного устройства, принципиальная схема которого также включена в статью. Результаты экспериментальных исследований приведены в виде таблиц, графиков и осциллограмм. Показано однозначное соответствие результатов теоретических и экспериментальных исследований. Ключевые слова: фазоинвертор, лазер, фотоприемник, дифракция, модуляция, упругая волна, центральная частота, график, осциллограмма.

См. также **22.05-01.251**

Акустические измерения и аппаратура

22.05-01.253 Эмулоны и образование солитонов в дистиллированной воде. *Смирнов А.Н., Савин А.В., Сигов А.С.* Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. 2013, № 2, с. 90-93. Рус.

Изложены новые экспериментальные факты, свидетельствующие об образовании надмолекулярных комплексов воды - эмулонов с линейными размерами 1—100 мкм и временем релаксации свыше одной секунды, состоящих из пяти фракций. Для доказательства их существования применены метод акустической эмиссии (АЭ), оптический и термический методы. Разрушение эмулонов при повышении температуры порождает в водной среде солитоны. Ключевые слова: структура воды, эмулоны, акустическая эмиссия, оптическая визуализация, термический анализ, солитоны.

22.05-01.254 Автоматизированные термо-акустические комплексы — анализаторы. *Белозеров В.В., Буйло С.И., Бушкова Е.С., Мотин В.Н., Недзельский Д.А., Сидоренко В.Я.* Промышленные АСУ и контроллеры. 2003, № 5, с. 5058. Рус.

Рассматриваются автоматизированные термо-акустические комплексы-анализаторы (АТАКА), предназначенные для исследования физико-химических характеристик твердых веществ и материалов, применяемых в различных областях науки и техники.

22.05-01.255 Применение теории секвентного анализа к оптимизации систем контроля течей теплоносителя первого контура АЭС с реактором типа ВВЭР. *Русаков А.М., Афонасов А.А.* Промышленные АСУ и контроллеры. 2010, № 5, с. 945. Рус.

Содержатся рекомендации по совершенствованию алгоритма работы существующей акустической системы контроля течей теплоносителя первого контура ВВЭР, а также предложения по контролю малых течей. Предлагаемый метод, в отличие от алгоритма поочередного опроса, основан на одновременном контроле информации со всех датчиков системы. Это позволяет в значительной мере скомпенсировать фоновые шумы, увеличить чувствительность, снизить время обнаружения течи и сделать возможным контроль герметичности контура на всех, в том числе и переходных, режимах работы реакторной установки. Ключевые слова: система контроля течей.

22.05-01.256 Автоматизированная система контроля качества асфальтобетонной смеси в процессе ее смесеобразования. *Потемкин В.Г., Полунин А.И.* Промышленные АСУ и контроллеры. 2011, № 9, с. 1-8. Рус.

Предложен способ автоматизации процесса приготовления асфальтобетонной смеси на основе анализа акустического шума, излучаемого при смесеобразовании. Предложен метод оценивания среднего значения функции спектральной плотности амплитуд стохастического нестационарного процесса порождения акустического шума при неизвестном законе его распределения. Приведена схема локальной АСУ смесительным агрегатом, реализующая данный метод в управлении продолжительностью смесеобразования, внедрение которой позволяет поддерживать заданный уровень однородности смеси в услови-

ях нестабильных физических характеристик сырья. Ключевые слова: акустический шум, асфальтобетонная смесь, нестационарный стохастический процесс, спектральная плотность амплитуд, доверительный интервал, локальная автоматизированная система управления смесобразованием.

22.05-01.257 Мобильный измерительный комплекс для идентификации флуктуационных процессов технологического оборудования. *Авилов А.В. Промышленные АСУ и контроллеры.* 2012, № 3, с. 36-39. Рус.

Разработан мобильный измерительный комплекс для регистрации вибраций технической системы и акустических колебательных процессов в зоне резания при механической обработке. Комплекс позволяет диагностировать качество сборки основных узлов технологического оборудования, время начала износа режущих лезвий и прогнозировать резонансные режимы работы и точность механической обработки.

22.05-01.258 Эмулоны и солитоны в дистиллированной воде. *Смирнов А.Н., Савин А.В., Сигов А.С. Прикладная физика и математика.* 2013, № 2, с. 74-79. Рус.

Экспериментально несколькими независимыми методами доказана реальность существования в тщательно очищенной воде надмолекулярных комплексов с размерами от 1 до 100 мкм, которым дали название — «эмулоны». Установлено, что «талая» вода является активным метастабильным состоянием с неравновесной концентрацией ионов водорода $[H^+]$ и гидроксида $[OH^-]$. Эмулоны в «талой» воде имеют значительно меньшие размеры, чем в равновесной системе. Этим объясняется ее биологическая активность. Впервые получены снимки структурных образований в воде — эмулонов и зарегистрированы структурные изменения в воде происходящие при изменении температуры. Полидисперсность эмулонов обуславливает полимодальность отклика воды на внешние воздействия. Обнаруженные в настоящей работе надмолекулярные комплексы-эмулоны вносят существенные коррективы в представления о структуре воды. Они непротиворечиво включают в себя все ранее полученные данные, касающиеся организации H_2O в нанобъемах и дают возможность объяснить многие экспериментальные факты, которые ранее не имели стройного, научного обоснования, например, образование «парящего водяного мостика» и предсказать ряд новых эффектов. Разрушение эмулонов может сопровождаться возникновением солитонов. Качественно это явление можно описать с помощью модели phi-4 с асимметрическим двухъямным потенциалом $V(u)$. Данная модель представляет цепочку из эмулонов, которая может находиться в нескольких устойчивых состояниях. При низких температурах основным будет состояние, при котором все эмулоны находятся в более глубокой яме, а при высоких — состояние, при котором часть из них распалась, а остальные находятся в более широкой яме. Такой переход сопровождается распространением по цепи топологического солитона обусловленного локальным переходом из одного состояния в другое.

22.05-01.259 Экологическая, быстродействующая, многократно резервированная система гидравлического управления подводным устьевым оборудованием. *Пындак В.И., Стахов Б.Г., Тетерин В.Н. Экологические системы и приборы.* 2003, № 11, с. 4854. Рус.

Система включает в себя электро- и пневмогидравлические, гидромеханические и акустические элементы управления гидравлическим оборудованием подводного устья скважины. Экологическая безопасность системы достигается за счет применения спецжидкостей, резервирования источников энергии, каналов и элементов управления, повышения ее быстродействия. Последнее стало возможным благодаря разорванной системе гидроуправления, специальным пневмогидроаккумуляторам, многоканальным плангам, подводным коллекторам.

22.05-01.260 Экологически чистые методы очистки, обеззараживания, опреснения и активации воды из произвольного природного источника. *Ляпин А.Г., Смородин А.И., Володин А.В., Смородин А.А., Самолук Д.Ю., Мусин С.В. Экологические системы и приборы.* 2009, № 8, с. 1542. Рус.

Рассмотрен метод получения питьевой воды повышенного качества из произвольного природного источника, включая мор-

скую и дренажную, с применением интенсивного озонирования, кавитации и при одновременном воздействии сильных импульсных электромагнитных полей с наносекундными параметрами (ЭМП), порождающих акустическое и оптическое излучение в широком диапазоне длин волн. Ключевые слова: очистка воды; озон; обеззараживание; активация.

22.05-01.261 Беспилотный дозиметрический комплекс. *Пархома П.А., Никитин А.В., Елохин А.П., Улин С.Е., Дмитренко В.В., Утешев З.М., Власик К.Ф., Грачев В.М., Новиков А.С. Экологические системы и приборы.* 2011, № 5, с. 10-17. Рус.

Рассматриваются методические вопросы, касающиеся стендовых испытаний используемой на беспилотном дозиметрическом комплексе аппаратуры и отработки методики беспроводной передачи и приема информации по радиоканалу, а также вопросы работы ксенонового гамма-спектрометра при различных акустических нагрузках. Ключевые слова: беспилотный дозиметрический комплекс; беспроводная передача информации; ксеноновый гамма-спектрометр; акустические нагрузки.

22.05-01.262 Результаты разработок газовых наносенсоров на основе углеродных нанотрубок (часть II). *Бузановский В.А. Экологические системы и приборы.* 2013, № 4, с. 37-46. Рус.

Рассмотрены газовые наносенсоры с чувствительными элементами, содержащими покрытие из композиционного материала на основе углеродных нанотрубок. Названные изделия разделены на шесть групп. Указано, что газовые наносенсоры на основе углеродных нанотрубок позволяют определять большее число органических и неорганических химических соединений. Концентрации определяемых соединений лежат в диапазоне от $\sim 10^{-7}$ до 100%, время установления показаний составляет от нескольких секунд до десятков минут, а время возврата показаний к начальному значению соответствует интервалу от десятка секунд до десятков минут. Измерения проводятся при нормальной (комнатной), пониженной (до $-160^\circ C$) или повышенной (до $700^\circ C$) температуре чувствительных элементов. Применяются кондуктометрические, акустические, емкостные, рефрактометрические и ионизационные измерительные преобразователи. Отмечен ряд наблюдаемых закономерностей.

22.05-01.263 Об акустическом методе контроля параметров фильтров-пробок из пористых и волокнистых материалов. *Галиев А.Л., Пожидяева С.П. Экологические системы и приборы.* 2014, № 11, с. 24-29. Рус.

Приведен процесс разработки качественной теории взаимодействия акустических колебаний звуковой частоты с пористыми фильтрами-пробками из волокнистых материалов. Установлено и обосновано наличие функциональной зависимости между величиной затухания акустического сигнала, прошедшего через пористую пробку, и параметрами образующих ее частиц. Наличие выявленных зависимостей обуславливает возможность применения акустического метода для создания измерительных устройств с целью контроля таких характеристик, как показатель пористости фильтров-пробок из волокнистых и пористых материалов, а также гранулометрического состава сыпучих материалов. Контроль названных характеристик необходимо осуществлять при выборе материалов фильтрующих сред для водо- и воздухоочистки, а также для контроля гранулометрического состава шихты при изготовлении фильтров методами порошковой металлургии (металлокерамических).

22.05-01.264 О реализации мультистатической системы наблюдения на основе дрейфующих приемно-излучающих элементов. *Покровский А.А., Емельяненко В.Ф. Экологические системы и приборы.* 2015, № 12, с. 22-25. Рус.

ассматривается задача юстировки многопозиционной системы автономных активно-пассивных гидроакустических обнаружителей в условиях непрерывного воздействия переменного вектора течений. Предложено для уменьшения ошибок определения координат обнаруживаемых целей в процессе функционирования по прямому назначению использовать сами зондирующие гидроакустические сигналы. Получены математические выражения для расчета ошибок определения дальности до цели

в зависимости от ошибок определения скорости звука и направления на цель, а также в зависимости от взаимного расположения обнаружителей. Сделанные оценки ошибок приведены в виде графиков.

22.05-01.265 Исследование теплопереноса в промышленных силовых трансформаторах с элегазовым охлаждением. *Хисматуллин А.С., Хисматуллин А.Г., Камалов А.Р. Экологические системы и приборы. 2017, № 2, с. 29-33. Рус.*

Статья посвящена интенсификация процесса теплообмена, который заключается в том, что теплосъем с нагревающегося масла в трансформаторе осуществляется за счет циркуляции барботируемого элегаза, перекачиваемого компрессором. После всплытия пузырьков элегаз проходит через систему фильтров, удерживающих частицы масла, захваченные всплывающими пузырьками, и далее, пройдя систему очистки и охлаждения, повторяют рабочий цикл. Рассмотрены явления теплопереноса, инициированные акустическим полем в среде. Показано, что значения коэффициентов переноса возрастают даже в случае распространения плоской волны в однородной среде. Полученное спектральное представление позволяет построить выражение коэффициентов трансляторного переноса, обусловленного колебаниями для различных волновых пакетов. Результаты исследований показывают, что при пропускании элегазовых пузырьков через трансформаторное масло происходит возрастание коэффициента эффективной теплопроводности. Предлагаемый метод интенсификации системы охлаждения за счет увеличения коэффициента переноса тепла в масле позволяет повысить эффективность системы охлаждения силовых масляных трансформаторов. На основе проведенных исследований могут быть разработаны экологически безопасные промышленные установки с регулируемыми коэффициентами диффузии и теплопроводности, а также определены оптимальные режимы работы этих установок с изменяемыми скоростями протекания химических реакций. Ключевые слова: трансляторный перенос тепла; монохроматическая волна; число Маха; акустические поля.

22.05-01.266 Комплекс мониторинга пограничного слоя атмосферы «Нева-М». *Зув В.В., Павлинский А.В., Уйманова В.А., Долгова Н.В., Томашова А.С. Экологические системы и приборы. 2021, № 9, с. 38-47. Рус.*

Описан аппаратно-программный комплекс дистанционного мониторинга пограничного слоя атмосферы «Нева-М», созданный в ИМКЭС СО РАН, его состав и характеристики. Приведен пример регистрируемых данных о температуре воздуха, скорости и направлении ветра, влагосодержания и водосодержания атмосферы с привязкой к приземным данным и к синоптической обстановке при прохождении полярного холодного фронта 7 июня 2021 г. Показаны возможности комплекса по исследованию динамики процессов пограничного слоя. Ключевые слова: пограничный слой атмосферы, мониторинг, радиометрия, акустическое зондирование, профиль температуры, общее влагосодержание, синоптика.

22.05-01.267 Анализ эффективности методов неразрушающего контроля резьбовой части бурильных труб. *Бобров А.Л., Бежер С.А., Шляхтенков С.П. Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 3, с. 10-15. Рус.*

Бурильные трубы подвергаются в процессе работы нестабильным динамическим нагрузкам и своевременное эффективное выявление развивающихся усталостных трещин является необходимой задачей предотвращения экономических потерь. Работа посвящена сравнительным испытаниям неразрушающими методами контроля бурильных труб в процессе их эксплуатации. В статье приведены результаты неразрушающего контроля наиболее подверженной дефектообразованию резьбовой части бурильных труб для строительных работ. Контроль проводили ультразвуковым, вибреточковым, магнитопорошковым и капиллярным методами. При обсуждении результатов контроля установлено, что наиболее эффективным методом для обнаружения усталостных трещин на ранних стадиях их развития является магнитопорошковый метод, так как этим методом выявляются трещины на наиболее ранних стадиях их развития.

Развитые трещины (глубиной более 2 мм) обнаруживаются всеми использованными методами. По результатам исследований предложен двухэтапная система периодического диагностирования резьбовой части бурильных труб, когда на ранней стадии обнаруживаются усталостные трещины магнитопорошковым методом за развитием которых наблюдают другими методами неразрушающего контроля.

22.05-01.268 Исследование точностных характеристик микромеханической инерциальной системы измерения параметров вибрации крыла самолета в маневренном полете. *Афонин А.А., Маамо М.Ш., Сулаков А.С. Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 3, с. 37-44. Рус.*

В настоящее время в связи с активным применением композитных материалов для построения самолетов, новые поколения их крыльев становятся все более гибкими, демонстрируя большую деформацию при нормальных эксплуатационных нагрузках, что особенно сильно проявляется в рамках маневренного полета с переменными воздействиями. В этой связи, разработка системы измерения параметров вибрации крыла, которую можно использовать в процессе эксплуатации самолета, в том числе, в полете, является актуальным научным направлением исследований в области построения информационно-измерительных систем. С помощью такой системы становится возможным непрерывно измерять параметры вибрации крыла, диагностировать состояние элементов его конструкции, прогнозировать появление и развитие их дефектов при воздействии различных нагрузок. Целью данной работы является исследование точностных характеристик микромеханической инерциальной системы измерения параметров вибрации крыла самолета в маневренном полете. При этом объектом исследования является микромеханическая инерциальная система, а предметом — ее структура, состав, алгоритмы работы и оценки ее точностных характеристик. Выполнение поставленной задачи требует применения современных аналитических и численных методов высшей математики и теоретической механики, методов теории случайных процессов и оптимального оценивания. В работе продемонстрирована актуальность разработки системы такого типа с использованием микромеханических инерциальных измерительных блоков. Приведены базовый состав и структура системы, описаны основные алгоритмы ее работы, включая алгоритмы определения параметров ориентации, навигации, коррекции и алгоритм вычисления параметров вибрации. Показаны и обсуждены результаты имитационного моделирования, подтверждающие работоспособность системы и возможность её эффективно использовать для измерения параметров вибрации крыла в маневренном полете.

22.05-01.269 Ультразвуковой технологический аппарат для проведения научных исследований. *Хмельев В.Н., Барсуков Р.В., Барсуков А.Р., Цыганок С.Н., Нестеров В.А. Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 4, с. 106-109. Рус.*

Статья посвящена созданию ультразвукового аппарата, предназначенного для широкого спектра научных и прикладных исследований в биологии, микробиологии, молекулярной биологии, биохимии, химии, токсикологии, для гомогенизации клеток и клеточных культур в биохимии, микробиологии, почвоведении и исследованиях полимеров, способного обеспечивать УЗ обработку различных по структуре и свойствам жидкостей и жидкодисперсных сред в различных по размерам технологических объемах (от 1 мл до 1 л) с интенсивностью до 50 Вт на см². Аппарат комплектуется пятью сменными рабочими инструментами различного диаметра 1,5 мм, 4,5 мм, 7 мм, 10 мм и 18 мм. Для снижения уровня звукового давления, исключения разбрызгивания обрабатываемых материалов, защиты оператора в комплект аппарата входит звукоизоляционная камера.

22.05-01.270 Метод акустико-эмиссионного контроля контактного взаимодействия элементов подшипников качения при оценивании правильности ресурсной сборки шарикоподшипниковых опор как трибологической системы роторов силовых гироскопов. *Лебедев Е.Л., Репин А.О. Труды МАИ. 2022, № 6, с. 126-128. Рус.*

Представлен способ контроля качества сборки шарикоподшипниковых опор силовых гироскопических комплексов, функционирующих в условиях вакуумного пространства, с помощью оценивания величины зазора подшипника по параметрам сигналов акустической эмиссии. От качества операции регулировки шарикоподшипниковых опор зависит способность подшипника выдерживать нагрузки, а также сопротивляться негативным факторам вакуумного пространства. Тенденции к уменьшению массогабаритных характеристик космических аппаратов, снижает эффективность существующих способов контроля качества сборки регулировки. В данной статье представлены результаты экспериментального исследования использования акустико-эмиссионного метода контроля и резонансного, при неподвижном состоянии механических узлов, для оценивания качества регулировки шарикоподшипниковых узлов.

22.05-01.271 Анализ динамических свойств акустического сигнала для сравнительной оценки контактных условий свай. Чуржин А.А., Капустин В.В. *Геотехника*. 2020. 12, № 3, с. 58-69. Рус.

Сейсмоакустический метод — наиболее широко применяемый неразрушающий геофизический метод контроля длины и сплошности свай. Физическая основа метода заключается в регистрации отклика свай на возбуждение в ее теле упругих волн с помощью механического удара. Анализ получаемых данных производится во временной и частотной областях с целью получения информации о состоянии изучаемой конструкции. Теоретические основы методики подразумевают влияние контакта свай с вмещающим грунтом на характер распространения возбуждаемых колебаний. Непосредственный практический интерес представляет возможность получения сравнительной характеристики контактных условий для свай в пределах изучаемого фундамента. Косвенная информация о работе свай в грунте, полученная сейсмоакустическим методом, дополняет результаты прямых испытаний несущей способности свай (статических, динамических, использующих принципы волновой теории удара). Предлагаемая авторами методика опирается на связь контактных условий с поглощением энергии возбуждаемых в свае упругих волн. Атрибуты площади нормированного спектра и средневзвешенной частоты предлагаются для сравнительной оценки поглощения в колебательной системе свая — грунт. Корректность данного предложения была подтверждена результатами полевых экспериментов и исследований с использованием численного моделирования. В статье предложены способы интерпретации атрибутов отклика отдельных свай изучаемого фундамента, позволяющие разделить их на ряд групп: свай с потенциальным нарушением контакта, свай с возможными дефектами сплошности или неоднородностью оголовка и др. Для анализа данных предлагается использовать корреляционные диаграммы атрибутов, количественную характеристику поведения которых возможно дать с использованием статистических параметров.

22.05-01.272 Каротаж акустической эмиссии при волновом воздействии на горные породы. Кузнецов О.Л., Дрягин В.В. *Каротажник*. 2022, № 2, с. 49-67. Рус.

Рассмотрены принципы, элементы физических основ и технологических решений, положенных в основу нового метода геофизических исследований скважин для изучения месторождений углеводородного сырья. Представлены результаты петрофизических исследований процессов возникновения и эволюции акустической эмиссии (АЭ) на образцах керна, а также *in situ* в условиях глубоких скважин. Показано, что спектры колебаний АЭ имеют специфические образы для каждого типа породы. Разработанный метод каротажа является надежным и оперативным источником информации о фильтрационно-емкостных свойствах (ФЕС) и характере флюида, насыщающего горные породы, а также применим для стимулирования добычи углеводородов.

22.05-01.273 Опыт внедрения в рабочий процесс прибора кросс-дипольного акустического каротажа АКС-МАК-МП при контроле гидроразрыва пласта. Шерстобитов В.В., Назмутдинов Р.Ф., Безруков Е.В. *Каротажник*. 2022, № 4, с. 58-65. Рус.

Проведена оценка эффективности прибора кросс-дипольного акустического каротажа АКС-МАК-МП на основании выполненных опытно-промышленных работ, а также при контроле ГРП в действующих скважинах.

22.05-01.274 Применение ультразвуковой обработки для повышения фотохимической активности электро-взрывных бикомпонентных наночастиц TiO₂-Ag. Бакина О.В., Сваровская Н.В., Чжоу В.Р., Сулиэ К.В. *Известия вузов. Физика*. 2022. 65, № 9, с. 3-7. Рус.

Наночастицы оксида титана, обладающие термической и химической стабильностью, широкой запрещенной зоной и низкой токсичностью, являются наиболее используемыми фотокатализаторами разложения органических веществ. Однако быстрая рекомбинация электронно-дырочных пар и высокая энергия фотоактивации значительно ограничивают их применение. Модификация TiO₂ серебром способствует пространственному разделению зарядов и повышает их фотохимическую активность. В настоящей работе для получения бикомпонентных наночастиц TiO₂-Ag использовали электрический взрыв металлических проводников в атмосфере 85 об.% Ag — 15 об.% O. Данный метод обладает высокой производительностью (170—200 г/ч), достаточной для промышленного применения наночастиц. Однако электровзрывные наночастицы в основном представляют собой агломераты размером 200—500 нм, что значительно снижает их фотохимическую активность в тестовой реакции разложения модельного красителя метиленового голубого под действием видимого излучения. Ультразвуковая обработка наночастиц в водной суспензии в течение 15 мин способствовала увеличению фотоактивности наночастиц TiO₂-Ag на 10%.

22.05-01.275 Вычислительная лупа для уточнения положения и формы трехмерных объектов при их акустическом зондировании. Бакушинский А.Б., Леонов А.С. *Мат. моделир.* 2022. 34, № 5, с. 3-26. Рус.

Предлагается вычислительная процедура уточнения положения и формы трехмерных акустических неоднородностей при звуковом зондировании среды. Процедура, названная вычислительной лупой, основана на быстродействующем алгоритме решения обратной задачи акустического зондирования в областях специальной структуры (трехмерном пространстве, цилиндрической области и др.) с данными (комплексной амплитудой волнового поля), зарегистрированными «в тонком слое». Алгоритм был предложен и изучен авторами в предыдущих работах. Процедура вычислительной лупы состоит в «быстром» решении обратной задачи с помощью этого алгоритма на начальной сетке в исходной трехмерной области, сужении исходной области до вложенной меньшей новой области, содержащей неоднородности, и решении обратной задачи в этой новой области на новой сетке с тем же или даже с меньшим числом узлов. Повторяя эту процедуру несколько раз, можно существенно уточнить положение и форму исследуемых неоднородностей, как бы «увеличивая» их. Процедура вычислительной лупы работает существенно быстрее, чем решение обратной задачи на адаптивно измельчаемых трехмерных сетках в исходной области. Это позволяет легко реализовать процедуру на персональных компьютерах (ПК) средней производительности. Предлагается способ численной оценки качества уточнения положения и формы изучаемых неоднородностей, основанный на применении гистограмм. Представлен ряд численных модельных экспериментов на ПК по использованию вычислительной лупы в цилиндрической области. В их числе: анализ качества уточнения положения и формы с помощью гистограмм при решении обратной задачи с точными и зашумленными данными, влияние усреднения зашумленных данных на определение положения и формы, эксперименты по оценке разрешающей способности вычислительной лупы и др. Время работы вычислительной лупы в каждом из этих трехмерных численных экспериментах составило около 10 сек.

22.05-01.276 Технология ультразвукового формирования непаеяных соединений электрических плат с контролем усилия запрессовки. Шуваев В.Г. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2022. 24, № 3, с. 60-62. Рус.

Рассматриваются вопросы технологии формирования непа-

яных соединений электрических плат с применением ультразвуковых колебаний. Описывается разработанное и запатентованное устройство для формирования ультразвуковых продольно-крутильных колебаний, дающее возможность существенно уменьшить усилие запрессовки, модифицировать свойства поверхностных слоев деталей и проводить контроль усилия запрессовки контактных штырей. Ключевые слова: непающие соединения, качество, ультразвук, сложные колебательные воздействия, усилие запрессовки.

22.05-01.277 Использование ультразвуковой дисперсионной микротвердофазной экстракции для концентрирования следов кобальта и никеля и их прецизионного определения в образцах окружающей среды с помощью пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. *Gouda A.A., El Sheikh R., El Sayed H.M., Khedr A.M., Abo Al Ezz Sh., Gamil W., Hamdy M.* Журнал прикладной спектроскопии. 2022. 89, № 3, с. 433. Рус.

Разработан простой и экологичный подход к ультразвуковой дисперсионной микротвердофазной экстракции с использованием новых модифицированных адсорбентом многостенных углеродных нанотрубок (MWCNTs) для разделения и предварительной концентрации ионов кобальта Co(II) и никеля Ni(II) в различных образцах окружающей среды перед определением методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. Предлагаемый метод основан на модификации MWCNTs комплексообразователем 3-(2,4-дигидроксибензил-1-илазо)-1,2,4-триазолом, который образует комплекс с ионами Co(II) или Ni(II) в качестве селективного и эффективного сорбента при pH 8.0. Исследовано и оптимизировано влияние различных параметров. Калибровочные кривые линейные в пределах 1.0—200 и 2.0—300 мкг/л; пределы обнаружения при оптимальных условиях 0.30 и 0.60 мкг/л для ионов Co(II) и Ni(II). Коэффициент предварительной концентрации 200. Максимальная сорбционная способность Co(II) и Ni(II) ~300 и 380 мг/г. Показатели извлечения анализируемых веществ 96.0—102%. Относительное стандартное отклонение (RSD%) для внутрисуточной и межсуточной повторяемости 1.30, 1.70% и 1.750, 1.95% для Co(II) и Ni(II) соответственно. Сертифицированные справочные материалы (листья шпината SRM 1570A и обогащенная вода TMDA-52.3) использованы для проверки точности предлагаемого протокола предварительной концентрации. Метод успешно применен для определения содержания ионов Co(II) и Ni(II) в образцах воды, соков и пищевых продуктов.

22.05-01.278 Устройство для измерения уровня сыпучих материалов. *Седалищев В.Н.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006, № 6, с. 7669. Рус.

Рассмотрен механизм акустической чувствительности и способ его реализации для измерения уровня сыпучих материалов. На его основе разработан составной пьезорезонаторный датчик уровня, предназначенный для эксплуатации в тяжелых производственных условиях. Приводится описание конструкции датчика.

22.05-01.279 Первичный преобразователь для измерения координат дефектов сварных соединений. *Шевчук В.П., Капля Е.В., Матыченко М.А., Райлян С.М.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006, № 11, с. 7751. Рус.

Исследованы свойства распространения акустического сигнала через сварные соединения и различные однородные и неоднородные среды. Показана возможность измерения координат дефекта с помощью имитационного моделирования. Предложена техническая реализация первичного преобразователя для формирования томограммы дефекта на ПК.

22.05-01.280 Измерение глубины заливочной лунки в слитке, изготовленном на установке непрерывного розлива. *Тимерман И.Б.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007, № 3, с. 7399. Рус.

Рассматриваются основные положения метода акустического контроля параметров слитка при отливке металла в установках непрерывного розлива. Методика контроля основана на измерении толщины кристаллизовавшегося слоя металла. Представлены основные расчётные формулы для вычисления глубины заливочной лунки. Даны рекомендации для увеличения точно-

сти измерений при практической реализации системы контроля.

22.05-01.281 Перспективы развития долговременного контроля напряженно-деформированного состояния строительных конструкций. *Еременко В.П.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007, № 6, с. 7487. Рус.

Предложен комплексный метод, регистрирующий разрушения строительных конструкций по акустической эмиссии и скорости распространения ультразвуковых волн в бетонных конструкциях в сочетании с измерениями общей деформации бетона и его плотности. Метод позволяет сделать измерения дистанционными и автоматизированными, обеспечивая непрерывность и надежность контроля.

22.05-01.282 Акустический газоанализатор. *Алфёров В.Н., Васильев Д.А., Кренделев В.А., Холкин А.Н.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007, № 7, с. 7499. Рус.

Рассмотрен акустический газоанализатор, принцип действия которого основан на измерении скорости звука в тестируемом газе.

22.05-01.283 Фильтрация в пространстве вероятностей аддитивной смеси нецентрированного квазидетерминированного сигнала и шума. *Вешкурцев Ю.М., Вешкурцев Н.Д., Титов Д.А.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018, № 3, с. 18-23. Рус.

Построен фильтр с использованием характеристической функции А.Ляпунова и тригонометрической функции арксинус для работы в пространстве вероятностей. Сделан качественный и количественный анализ алгоритма работы фильтра с помощью статистического моделирования. На примере фильтрации аддитивной смеси нецентрированного квазидетерминированного сигнала и “белого” шума установлено, что фильтр в среднем в 30 раз сильнее подавляет шум, чем сигнал. Эффективность фильтра высокая при отношении сигнал/шум на его входе единица и много порядков меньше. По своим характеристикам фильтр имеет преимущества перед идеальным фильтром. Он может найти применение в виброакустической диагностике для выделения вибросигнала из шумов. Ключевые слова: характеристическая функция, фильтр, нецентрированный квазидетерминированный сигнал, шум, подавление, эффективность, вероятность, энтропия, диагностика, отношение сигнал/шум.

22.05-01.284 Процесс поиска мест разведдоступности параметрических каналов утечки информации как объект функционального моделирования. *Сычев М.П., Мазин А.В., Сычев А.М., Зеленцова Е.В., Крылов В.О.* Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2022, № 3, с. 31-39. Рус.

Данная статья является второй из серии статей, посвященных функциональному представлению действий по перехвату электромагнитных излучений (ЭМИ), возникающих за счет изменения параметров радиоэлектронных устройств (РЭУ) объекта разведки под действием информативного сигнала и внешнего высокочастотного электромагнитного облучения. В ней описывается функциональная модель первого этапа такого рода действий — этапа поиска мест разведдоступности информативных акустических сигналов объекта разведки по каналам акустоэлектрических преобразований, высокочастотного (ВЧ)-облучения, паразитной (авто) генерации и ВЧ-навязывания. Приводится процедура функциональной структуризации данного этапа до уровня образуемых в результате реализации такого рода угрозы признаков выполняемых нарушителем функций. Ключевые слова: функциональное моделирование, параметрические каналы утечки информации, перехват ЭМИ, возникающих за счет изменения параметров РЭУ объекта разведки под действием информативного сигнала и внешнего высокочастотного электромагнитного облучения.

22.05-01.285 Возможности идентификации дефектов в массивных литых конструкциях методами неразрушающего контроля. *Шляхтенков С.П., Гуляев М.А., Выплавень В.С., Попков А.А., Беаер С.А., Курбатов А.Н., Бобров А.Л.* Контроль. Диагностика.

2022. 25, № 8, с. 36-43. Рус.

В условиях совершенствования методов и средств неразрушающего контроля (НК) наряду с повышением информативности возникают сложные технические проблемы. Например, при обследовании элементов конструкций со сроком службы 20—30 лет современными средствами НК обнаруживаются дефекты, которые не были забракованы предприятием-изготовителем. Оценка влияния таких дефектов на работоспособность конструкции требует проведения комплексного исследования с использованием НК и тензометрии. Целью работы является оценка параметров дефектов литой детали гидравлического штамповочного пресса с наработкой более 60 лет для принятия решения о возможности его дальнейшей эксплуатации. Дефект исследовали с применением магнитопорошкового, вихретокового и ультразвукового методов контроля. Средствами тензометрии измерены механические напряжения непосредственно в процессе эксплуатации. Индикаторный рисунок дефекта магнитопорошкового контроля имеет нехарактерные для усталостных дефектов признаки: ветвления, прерывистый и ломаный (не гладкий) характер. Для количественной оценки степени гладкости индикаторного рисунка предложено использовать фрактальную размерность, которая для исследуемого дефекта составила 1,07. Оценочная глубина дефекта, выявленного вихретоковым методом, составила от 4 до 6 мм, ультразвуковым методом — от 8 до 18 мм. Наличие эхосигнала прямым преобразователем указывает на объемный характер дефекта. После механического удаления поверхностного слоя толщиной 2 мм на отдельных участках ширина дефекта увеличилась до 2 мм, а глубина — до 20 мм. На внутренней боковой поверхности дефекта визуально определяется плотная, темная, характерная для высоких температур окалина. Дефект классифицирован как литейная раковина глубиной 20 мм. Следов усталостного разрушения не обнаружено. Сжимающие механические напряжения с амплитудой не более 41 МПа составили менее 20% предела усталостной выносливости стали 35Л. В течение года среднее количество рабочих циклов составляет 20 тыс., повторное исследование дефекта пресса рекомендовано через 5—10 лет (100—200 тыс. циклов).

См. также [22.05-01.64](#), [22.05-01.65](#), [22.05-01.66](#), [22.05-01.67](#), [22.05-01.83](#), [22.05-01.84](#), [22.05-01.142](#), [22.05-01.143](#), [22.05-01.156](#), [22.05-01.157](#), [22.05-01.169](#), [22.05-01.170](#), [22.05-01.193](#), [22.05-01.194](#), [22.05-01.195](#), [22.05-01.196](#), [22.05-01.197](#), [22.05-01.202](#), [22.05-01.207](#), [22.05-01.211](#), [22.05-01.212](#), [22.05-01.246](#), [22.05-01.247](#), [22.05-01.248](#), [22.05-01.249](#), [22.05-01.252](#)

Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

22.05-01.286 Акустическая диагностика обстановки в кабине экипажа воздушного судна. *Попов Ю.В., Андреев Е.В.* *Справочник инженера.* 2017, № 12, с. 55-59. Рус.

22.05-01.287 Оптимизация течения в трубопроводе высокого давления. *Шейнман Л.Е., Андреев С.П., Нестеров Г.И.* *Авиакосмическое приборостроение.* 2003, № 5, с. 5726. Рус.

Рассматриваются пути оптимизации акустического обнаружения течи через свищи и трещины в трубопроводах высокого давления.

22.05-01.288 Метод окружностей для локализации мест технологических взрывов на основе регистрации акустических волн в приземной атмосфере. *Асадов Х.Г., Абдуллаев Н.А., Абдулов Р.Н.* *Авиакосмическое приборостроение.* 2009, № 12, с. 2500. Рус.

Предложен новый метод, позволяющий путем геометрических построений вычислить место расположение источника звуковых волн. Предложенный метод также позволяет более точно идентифицировать мощность источника, или свойства трассы распространения акустических волн. Ключевые слова: Акустические волны, локация, триангуляция, взрывы.

22.05-01.289 Оптимизация режима работы приемной станции сети акустической локации. *Асадов Х.Г.,*

Гараев В.М., Джавадов Н.Г., Мамедов А.Я. *Авиакосмическое приборостроение.* 2010, № 10, с. 547. Рус.

На основе известной модели Фридландера сформулирована и решена задача оптимизации информационных характеристик многочастотной акустометрической станции. Оптимизация акустометрической станции осуществлена с учетом ограничительного условия, наложенного на энтропийную оценку пропускной способности измерительного канала. Ключевые слова: акустическая локация; сеть; приемная станция; оптимизация.

22.05-01.290 Быстродействующий измеритель температуры газов в газотурбинном двигателе. *Гулин А.И.* *Авиакосмическое приборостроение.* 2012, № 9, с. 10-14. Рус.

Рассмотрено применение дифференциального струйно-акустического датчика в качестве преобразователя в быстродействующем отказоустойчивом измерителе температуры газов для использования в системах регулирования и диагностики авиационных газотурбинных двигателей (ГТД). Ключевые слова: струйноакустический датчик, температура, ГТД, быстродействие, отказоустойчивость, диагностика.

22.05-01.291 Синтез трехточечных систем акустической локации технологических взрывов. *Асадов Х.Г., Абдуллаев Н.А., Абдулов Р.Н.* *Инженерная физика.* 2009, № 10, с. 1218. Рус.

Рассмотрен вопрос о выборе критериев для сравнения методов трехточечной акустической локации. Показано, что при выполнении определенного условия и низком уровне шумности сигнала выбор предложенного метода окружностей является предпочтительным. Ключевые слова: Локация, взрывы, скорость звука, точность, затухание.

22.05-01.292 Структура воды. Эмулоны. *Смирнов А.Н.* *Инженерная физика.* 2012, № 7, с. 10-22. Рус.

Экспериментально несколькими независимыми методами доказана реальность существования в тщательно очищенной воде надмолекулярных комплексов размерами 1—100 мкм, которым дали название — «эмулоны». Установлено, что «таялая» вода является активным метастабильным состоянием с неравновесной концентрацией ионов водорода $[H^+]$ и гидроксида $[OH^-]$. Эмулоны в «талой» воде имеют значительно меньшие размеры, чем в равновесной системе. Этим объясняется ее биологическая активность. Впервые получены снимки структурных образований в воде — эмулонов и зарегистрированы структурные изменения в воде происходящие при изменении температуры. Полидисперсность эмулонов обуславливает полимодальность отклика воды на внешние воздействия. Обнаруженные в настоящей работе надмолекулярные комплексы — эмулоны — вносят существенные коррективы в представление о структуре воды. Они непротиворечиво включают в себя все ранее полученные данные, касающиеся организации H_2O в нанобъемах и дают возможность объяснить многие экспериментальные факты, которые ранее не имели стройного, научного обоснования, например, образование «парящего водяного мостика» и предсказать ряд новых эффектов. Ключевые слова: структура воды, эмулоны, талая вода, парящий водяной мостик, акустическая эмиссия, аномальные точки воды, полимодальность.

См. также [22.05-01.69](#), [22.05-01.71](#), [22.05-01.105](#), [22.05-01.141](#), [22.05-01.142](#), [22.05-01.143](#), [22.05-01.156](#), [22.05-01.157](#), [22.05-01.170](#), [22.05-01.180](#), [22.05-01.198](#), [22.05-01.207](#), [22.05-01.211](#), [22.05-01.212](#), [22.05-01.246](#), [22.05-01.247](#), [22.05-01.248](#), [22.05-01.249](#), [22.05-01.252](#), [22.05-01.254](#), [22.05-01.255](#), [22.05-01.256](#), [22.05-01.257](#), [22.05-01.259](#), [22.05-01.260](#), [22.05-01.261](#), [22.05-01.262](#), [22.05-01.263](#), [22.05-01.264](#), [22.05-01.265](#), [22.05-01.266](#), [22.05-01.267](#), [22.05-01.268](#), [22.05-01.270](#), [22.05-01.271](#), [22.05-01.272](#), [22.05-01.273](#), [22.05-01.278](#), [22.05-01.279](#), [22.05-01.280](#), [22.05-01.281](#), [22.05-01.282](#), [22.05-01.283](#), [22.05-01.284](#), [22.05-01.285](#)

Акустические технологии в промышленности

22.05-01.293 Применение георадарных технологий при обследовании подводных конструкций гидротехни-

ческих сооружений. *Капустин В.В., Широбокоев М.П. Геотехника. 2021. 13, № 3, с. 54-65. Рус.*

Описан ряд вопросов практики применения георадарного профилирования при обследовании железобетонных конструкций гидротехнических сооружений. Для обследования крупных железобетонных конструкций различных сооружений обычно применяется комплекс, состоящий из ультразвуковых, акустических и георадарных методов. Применение георадарных технологий позволяет оперативно провести съемку обследуемой конструкции по густой сети точек наблюдения. Ультразвуковые и акустические методы предоставляют возможность определить прочностные и деформационные характеристики конструкции, но уступают георадарным методам в производительности. Поэтому сочетание георадарных и акустических методов дает максимальный эффект. Перечень задач, которые могут быть решены с помощью георадарного метода, выглядит следующим образом: 1. определение толщины конструкции; 2. уточнение глубины залегания арматуры (толщина защитного слоя); 3. определение шага арматуры; 4. поиск участков железобетонных конструкций, где наблюдается коррозия арматуры; 5. оценка сплошности, наличие дефектов (трещин, полостей, включений и т.п.) в бетонной конструкции; 6. оценка контактных условий «плита—грунт». Однако, если методика исследования наземной части бетонных плит, покрытий каналов и плотин достаточно неплохо отработана, исследования конструкций, находящихся под водой, до недавнего времени представляли большую проблему. При георадарном обследовании конструкций с поверхности воды решить вышеперечисленные задачи во многих случаях не удается. Это в первую очередь относится к задаче оценки контактных условий «плита—грунт». Для обследования конструкций, находящихся под водой для модели георадара «ОКО-3» в ООО «ЛОГИС» (г. Раменское, Московская обл.) была создана подводная антенна с центральной частотой 700 МГц. В статье рассмотрено применение антенного блока, созданного для обследования подводных конструкций гидротехнических сооружений. Приведены примеры использования атрибутного анализа для обработки результатов измерений. На примере результатов полевых работ показаны особенности обработки, интерпретации данных и обозначены вопросы их дальнейшего развития.

См. также **22.05-01.292**

Акустический мониторинг технологических процессов

22.05-01.294 Собственные полосы спектра механических систем — основа воспроизводимости результатов испытаний на широкополосную случайную вибрацию. *Овчинников И.Н. Справочник инженера. 2016, № 10, с. 27-33. Рус.*

Эксперименты и расчеты показывают существование тяжелейшего режима широкополосной случайной вибрации (ШСВ) для механических систем в функции ширины спектра воздействия. Это и есть наличие «собственных полос спектра», аналогичных, по сути, собственным частотам систем, но проявляющимся при случайном нагружении. Колебания механической системы на собственных полосах спектра, использующие динамику объекта, как и на собственных частотах, наиболее ин-

тенсивны и опасны. Существование собственных полос спектра механических систем решает проблему воспроизводимости результатов испытаний на ШСВ. Это свойство можно использовать при вибротестах для существенной экономии потребляемой энергии, в акустике, в сейсмологии.

См. также **22.05-01.293**

Акустическая метрология и калибровка

22.05-01.295 Измерение акустических величин. *Справочник инженера. 2014, № 6, с. 66-67. Рус.*

Акустические стандарты

22.05-01.296 Технические стандарты ООО «ЭГЕОС» по применению неразрушающего контроля сплошности свай. Ультразвуковой метод. *Мухин А.А., Лозовский И.Н., Чуркин А.А. Геотехника. 2019. 11, № 3, с. 64. Рус.*

Своды правил СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87» и СП 46.13330.2012 «Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91» требуют выполнять контроль качества железобетонных свай с применением полевых неразрушающих геофизических методов. Однако на данный момент в отечественной нормативной базе отсутствуют документы, регулирующие данный вид деятельности. В результате повседневная практика применения методов нередко идет вразрез с общепринятыми мировыми стандартами и не всегда обеспечивает должный уровень исследований. Игнорирование объективных возможностей и ограничений методов, ошибки в сборе и обработке данных, некорректные приемы интерпретации результатов отрицательно сказываются на достоверности итоговых выводов о качестве конструкций. Отсутствие нормативных критериев исключает возможность убедиться в квалификации исполнителей услуг и провести, при необходимости, независимую экспертизу. В качестве основы для разработки необходимых нормативных технических документов предлагается использовать стандарты организации ООО «ЭГЕОС», посвященные применению неразрушающего контроля сплошности свай ультразвуковым, сейсмоакустическим и термометрическим методами. Стандарты организации обобщают современную практику применения методов, требования зарубежных нормативных документов и опыт ООО «ЭГЕОС». Первым представлен стандарт организации «Применение неразрушающего контроля сплошности свай ультразвуковым методом». Стандарт предлагает ответы на такие насущные вопросы ультразвукового контроля, как минимальное устанавливаемое в конструкцию число труб доступа, сроки проведения испытаний, шаг между точками измерений, методика обработки сигналов, критерии интерпретации зарегистрированных аномалий, обязательные требования к составу отчета и пр.

22.05-01.297 Технические стандарты ООО «ЭГЕОС» по применению неразрушающего контроля сплошности свай. Сейсмоакустический метод. *Мухин А.А., Лозовский И.Н., Чуркин А.А. Геотехника. 2019. 11, № 4, с. 68-78. Рус.*

См. также **22.05-01.295**

Акустика в инженерном деле

22.05-01.298 Влияние способов активации оксида титана на свойства и структуру политетрафторэтилена. *Никитина А.В., Васильев А.П., Охлопкова А.А., Стручкова Т.С., Алексеев А.Г. Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 2, с. 46-52. Рус.*

В настоящее время полимерные композиционные материалы (ПКМ) благодаря высоким механическим, триботехническим и другим специальным свойствам широко применяются в различных областях промышленности. В данной работе проведе-

но исследование влияния различных способов активации оксида титана (TiO₂) на физикомеханические и триботехнические свойства ПКМ на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ). Получены композиты с предварительной активацией наполнителя, включающие ультразвуковую обработку и смешение в планетарной мельнице. Проведенные сравнительные исследования деформационно-прочностных и триботехнических свойств композитов с предварительной ультразвуковой активацией наполнителя и смешением компонентов в планетарной мельнице, по-

казали улучшение прочности при растяжении на ~30%, эластичности на ~24% и износостойкости в 1,8–3,6 раз по сравнению с образцом без предварительной обработки наполнителя. Твердость композитов с активацией наполнителя выше на ~8% исходного полимера и композита с без активации наполнителя. Независимо от предварительной обработки наполнителя коэффициент трения композитов сохраняется на уровне ненаполненного ПТФЭ. Улучшение механических и триботехнических свойств композитов связано с разрушением агломератов и равномерным распределением оксида титана в полимерной матрице. Методами рентгеноструктурного анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии показано, что при предварительной обработке наполнителя в ПКМ приводит к усилению пиков наполнителя в рентгеновской дифрактограмме, увеличению кристалличности и энтальпии плавления, что свидетельствует о более упорядоченной надмолекулярной структуре и равномерном распределении наполнителя. Полученные материалы могут найти применение в качестве деталей узлов трения, а также в электронных устройствах.

22.05-01.299 Применение высокоинтенсивного ультразвукового воздействия для коагуляции капель тумана. *Доровских Р.С., Пужайкина А.Е.* Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 4, с. 3-12. Рус.

Статья посвящена исследованию влияния ультразвукового воздействия на капли тумана с целью их коагуляции и уменьшения времени осаждения. Для проведения исследований был создан экспериментальный стенд, который позволяет создать имитацию природного радиационного тумана с размером капель 5 мкм. Стенд представляет собой цилиндрическую каме-

ру с внутренним объемом 1,5 м³. С торца камеры установлен ультразвуковой изгибно-колеблющийся излучатель, обеспечивающий средний уровень звукового давления в камере 147 дБ. Проведенные исследования позволили установить, что за 350 секунд УЗ воздействие позволяет обеспечить метеорологическую дальность видимости равную 680 метрам. За это же время естественное разрушение тумана обеспечивает метеорологическую дальность видимости равную 100 метров. Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что применение более мощных УЗ излучателей позволит существенно сократить время разрушения воздушно-капельных дисперсий. Выявлено, что формируемый во всей озвучиваемой области уровень звукового давления равный 147 дБ является достаточным для разрушения воздушнокапельной дисперсии.

22.05-01.300 Коалесценция частиц детонационных наноалмазов низкоинтенсивным ультразвуковым облучением. *Верещагин А.Л., Кудряшова О.Б., Бычин Н.В.* Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 5, с. 108-114. Рус.

Рассмотрен процесс роста частиц детонационных наноалмазов при ультразвуковом облучении интенсивностью 1–2 Вт/см² в гидрофобной среде, содержащей первичные продукты детонации сплава тротил-гексоген. Предложена математическая модель процесса, включающая неупругие столкновения алмазоуглеродных частиц, приводящие к укрупнению частиц детонационных наноалмазов до 20 мкм.

См. также **22.05-01.18**, **22.05-01.25**, **22.05-01.83**, **22.05-01.84**, **22.05-01.160**, **22.05-01.244**, **22.05-01.266**, **22.05-01.269**, **22.05-01.272**, **22.05-01.273**, **22.05-01.274**, **22.05-01.275**, **22.05-01.276**, **22.05-01.277**

Физика

22.05-01.301 Об угловой зависимости порога конвективной неустойчивости и коэффициента усиления для встречных взаимодействующих волн. *Солизов Д.К., Девнин С.А., Нурулжаков Ш.С.* Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 1-2, с. 69-77. Рус.

В задаче вынужденного рассеяния двумерно локализованной волны накачки найдена зависимость порога неустойчивости, коэффициента усиления встречных волн от угла рассеяния. Показано, что с увеличением угла рассеяния порог и коэффициент усиления возрастают.

22.05-01.302 Диссипативные солитоны уравнения Гинзбурга—Ландау с кубической нелинейностью. *Рахимов Ф., Абдуллоев Х.О., Девонакулов Ш.А., Ниёзов Б.О.* Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 5-6, с. 350-356. Рус.

Исследуются диссипативные солитоны кубического уравнения Гинзбурга—Ландау, возникающие в результате взаимодействия линейной и нелинейной сложной дисперсий. Локализацию его решение общего вида при заданных наборах параметров имеет фиксированную амплитуду. Получены его решения в виде солитонов с ограниченной амплитудой.

22.05-01.303 Исследование двойных систем с особыми температурными точками. *Джафаров А.С., Нуров К.Б.* Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021. 64, № 7-8, с. 442-448. Рус.

Приводятся результаты определения координат критического распада в системе In-Se измерением скорости распространения ультразвука. Использованием ультразвукового метода исследована область расслаивания в системе In-Se. На основе экспериментальных данных построена линия моновариантного равновесия, ограничивающая указанную область. Установлены координаты критической точки (критическая температура и критический состав). Показано, что ультразвуковой метод может быть с успехом использован для надежного установления границы области расслаивания металлических и полупроводниковых жидкостей на фазовой диаграмме, а также для исследования самого процесса расслаивания.

22.05-01.304 Диагностика морфогенетических типов

палеоканалов на основе параметризации сейсмообразов. *Ольнева Т.В., Жуковская Е.А., Орешкова М.Ю., Кузьмин Д.А.* Геофизика. 2022, № 2, с. 17-25. Рус.

Рассмотрены приемы идентификации основных морфогенетических типов палеоканалов на основе способа численной оценки морфометрических параметров русловых тел (палеоканалов) по сейсмическому образу. Параметризация объекта и прогноз отдельных величин, находящихся за пределами разрешенности сейсмического метода, позволяют более реалистично оценить морфологию палеорула, спрогнозировать размеры возможных литологических ловушек, оценить ресурсы, дать прогноз и рекомендации для дальнейшего изучения. Объектом исследования в данной работе являются палеоруловые системы, выявленные по результатам динамической интерпретации сейсмических данных. Основная задача исследований заключалась в определении мощности русловых отложений и ширины палеоканала. Для реализации поставленной задачи использовался подход, изложенный в патенте Т.В. Ольневой, Е.А. Жуковской [2018], который заключается в применении численных зависимостей, установленных для современных рек, к аналогичным палеосистемам. В соответствии с проявленным образом палеоканала на сейсмических слайсах были выполнены доступные измерения ширины пояса руслоформирования, длины палеорула, длины долины, длины излучины, радиус кривизны. На основании измеренных данных рассчитана ширина русла и средняя мощность отложений.

22.05-01.305 Влияние нелинейных искажений на качество полевых данных в вибрационной сейсморазведке. *Ягудин И.Р., Гафаров Р.М., Сираев И.А., Агтямов Р.А.* Геофизика. 2022, № 4, с. 58-63. Рус.

Наличие нелинейных искажений (distortion) в вибрационной сейсморазведке на сегодняшний день является одним из главных спорных моментов, при оценке качества полевого материала который также оказывает существенное влияние на производительное время. В статье изложена природа возникновения нелинейных искажений в вибрационной сейсморазведке. Показано наличие нелинейных искажений на реальном волновом поле виброграммы и реального свипсигнала. С помощью скользящей фильтрации было показано отсутствие влияния нелиней-

ных искажений на реальное волновое поле после корреляции.

22.05-01.306 Перспективы применения малогабаритного импульсного порохового источника при сейсморазведочных работах МОГТ и изучении ВЧР методом прямого МСК. *Денисенко Н.В., Ажуленко А.С., Гафаров Р.М., Азтямов Р.А. Геофизика. 2022, № 4, с. 75-82. Рус.*

Представлены результаты опытных работ, направленных на оценку перспектив применения импульсного порохового источника (патрон двенадцатого калибра), для решения задач обработки пунктов возбуждения в эксклюзивных зонах при проведении полевых сейсморазведочных работ МОГТ, а также изучения ВЧР методом прямого МСК. На основе анализа результатов опытных работ и выполненной обработки сейсмических материалов установлено, что сейсмограммы, полученные с помощью импульсного порохового источника (ИПИ), не могут являться прямой альтернативой данным, получаемым в процессе применения классических технологий возбуждения, но приемлемы для решения задач построения скоростной модели ВЧР на основе пикирования первых вступлений преломленной волны и последующего расчета статических поправок. В рамках работ получено подтверждение перспективности применения ИПИ при выполнении работ методом прямого МСК.

22.05-01.307 Граничные условия для макропараметров однокомпонентного газа с учетом колебательной дезактивации на твердой стенке. *Шакурова Л.А., Кустова Е.В. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2022, 9, № 2, с. 366-377. Рус.*

С помощью методов кинетической теории построена математическая модель граничных условий для макропараметров неравновесного течения газа в приближении поуровневой кинетики. Рассматривается однокомпонентный разреженный газ в режиме скольжения при условии замедленной релаксации колебательной энергии. Учитывается возможность дезактивации возбужденных состояний при столкновении с твердой поверхностью. Записывается система уравнений течения вязкого теплопроводного газа, дополненная уравнениями для неравновесных заселенностей колебательных состояний. Для зеркально-диффузной модели рассеяния выводятся формулы для скачка заселенностей, скорости скольжения и скачка температуры на поверхности. Граничные условия выражаются через коэффициент accommodation импульса и коэффициент дезактивации на стенке. Получена связь граничных условий с коэффициентами диффузии колебательной энергии, термодиффузии, теплопроводности, вязкости, объемной вязкости и релаксационным давлением. Впервые обнаружена зависимость граничных условий от нормальных напряжений. Для частного случая газа без внутренних степеней свободы и релаксационных процессов скачков заселенностей отсутствует, а скорость скольжения и скачок температуры удается свести к известным из литературы выражениям. Применение полученных граничных условий при численном моделировании неравновесных течений вязких газов не должно вызывать дополнительных вычислительных затрат, поскольку расчет скачка заселенностей, скорости скольжения и скачка температуры сводится к расчету коэффициентов переноса.

22.05-01.308 Закрученное течение в цилиндрическом контейнере: решеточные уравнения Больцмана и уравнения Навье—Стокса. *Сальников М.В., Кинзин К.С., Иващенко В.А., Наумов И.В., Мулладжанов Р.И. Теплофиз. и аэромех. 2022, № 4, с. 561-572. Рус.*

Проведено систематическое сравнение результатов численного моделирования однофазного течения в цилиндрическом контейнере с неподвижными стенками и вращающимся верхним торцом в рамках решеточных уравнений Больцмана и уравнений Навье—Стокса. Исследованы различные режимы ограниченного вихревого течения жидкости в пространстве двух параметров, а именно: числа Рейнольдса и отношения высоты к радиусу цилиндрического контейнера. Проведен анализ сеточной сходимости обоих решений. Показано, что данные хорошо согласуются как между собой, так и с имеющимися экспериментальными данными, включая диаграмму появления возвратно-

го течения на оси цилиндра, что соответствует распаду вихря.

22.05-01.309 Отражение детонационной волны от плоскости симметрии внутри цилиндрической мишени для управляемого термоядерного синтеза. *Хищенко К.В., Чарачьян А.А. Журнал вычислительной математики и математической физики. 2021, 61, № 10, с. 1715-1733. Рус.*

Рассматривается осесимметричная задача о столкновении двух идущих навстречу одинаковых детонационных волн внутри предварительно сжатой мишени небольшого размера, состоящей из цилиндра с горючим в виде эквимолярной смеси дейтерия и трития, окруженного золотой оболочкой и защищаемого с торцов пучком протонов. Изучается отражение возникающей нестационарной неплоской детонационной волны от плоскости симметрии. Обсуждаются зависимости от времени некоторых характеристик течения. Развита приближенная модель горения, позволяющая рассчитывать коэффициент выгорания горючего между отраженной детонационной волной и плоскостью симметрии после вынужденного прекращения двумерного расчета, в частности, из-за неустойчивости границы раздела горючего и оболочки. Изучена роль двух возможных механизмов развития неустойчивости границы раздела: ее импульсного ускорения детонационной волной (неустойчивость Рихтмайера—Мешкова) и высокоскоростного скольжения горючего вдоль границы раздела (неустойчивость Кельвина—Гельмгольца).

22.05-01.310 Граничное условие на давление для решения стационарных уравнений Навье—Стокса методом конечных объемов с совмещенным расположением степеней свободы. *Терехов К.М. Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022, 62, № 8, с. 1374-1387. Рус.*

Предложены граничные условия на давление для решения стационарных несжимаемых уравнений Навье—Стокса методом конечных объемов с совмещенным расположением степеней свободы. Работа основана на inf-sup устойчивом методе аппроксимации совмещенного потока импульса и массы. На основе предположения о линейности неизвестных скорости и давления выводятся односторонние выражения совмещенного потока. Обеспечивая непрерывность этих выражений на внутренних гранях, получаем скорость и давление на грани и единственное выражение для совмещенного потока. В результате сохранение импульса и массы является дискретно точным. Однако для восстановления давления и расчета совмещенного потока на границе области требуется дополнительное граничное условие на давление.

22.05-01.311 Атомно-молекулярные метастабильные среды и солнечные нейтрино. *Хаврошкин О.Б., Цыплаков В.В. Инженерная физика. 2014, № 6, с. 40-46. Рус.*

Воздействие потока солнечных нейтрино способно изменять с периодичностью модуляции этого потока параметры природной радиоактивности и/или квантовых генераторов. Тяжелые деформированные радиоактивные ядра неустойчивы и в предраспадный момент могут быть представлены как метастабильные системы, эффективно взаимодействующие с потоком нейтрино. В общем, метастабильные среды и системы могут принимать разнообразные формы: квантовых и механических осцилляторов; ядерные, атомные и электронные, молекулярные среды, твердые тела под нагрузкой (термофлуктуационный процесс разрушения); сейсмоакустические поля и определенный шум электронных систем. Обнаруженное взаимодействие солнечных нейтрино с массивом Земли как с пассивной средой (эксперимент Камиоканда) было подтверждено ранее в виде суточного пика на спектре периодичностей уровня радиоактивности руды как эффект Михеева—Смирнова—Вольфенштейна. И в настоящем исследовании — в виде наблюдаемого на осцилляторах затмленного эффекта. Поиск суточной периодичности потока солнечных нейтрино привел также к обнаружению и более длинных периодичностей, вероятно обусловленных турбулентными процессами в центральной зоне Солнца.

22.05-01.312 Исследование цифрового диаграммообразования для оптимального помехо- и шумоподавления в антенных решетках различной формы с направ-

ленными излучателями. *Нечаев Ю., Пешков И. Физика волновых процессов и радиотехнические системы.* 2022. 25, № 2, с. 73-82. Рус.

Исследуется цифровое диаграммообразование по азимуту и углу места, что способствует более точному формированию нулей и максимума. Рассматриваются статистически оптимальный алгоритм минимума дисперсии, алгоритм обращения корреляционной матрицы с применением регуляризации, а также управления нулями на выходе цилиндрической, полусферической и планарной решеток. Проведена оценка отношения мощности полезного сигнала к результирующей мощности активной помехи и шума и вероятности битовой ошибки на выходе цифровых антенных решеток в зависимости от коэффициента направленного действия антенных элементов, числа выборок усреднения. Установлено, что полусферическая антенная решетка позволяет значительно повысить надежность передачи в сравнении с рассматриваемыми, что снизит вычислительную нагрузку без привлечения усложненных алгоритмов диаграммообразования.

22.05-01.313 Оценка возможностей 3D-печати для изготовления волноводных фотонных кристаллов. *Михайлов А., Рябов Е., Сергеев С. Физика волновых процессов и радиотехнические системы.* 2022. 25, № 3, с. 29-36. Рус.

Обсуждаются возможности использования технологии 3D-печати для изготовления волноводных фотонных кристаллов в X-диапазоне частот. Спроектированы и изготовлены фотонные кристаллы для прямоугольного волновода стандарта EIA WR-90 с сечением $22,86 \times 10,16$ мм² в 3-сантиметровом диапазоне (X-диапазон). Было проведено численное моделирование в программном пакете OpenEMS характеристик отражения фотонных кристаллов нескольких конструкций. Основываясь на результатах моделирования, были выбраны лучшие варианты конструкций, которые были изготовлены по технологии физического моделирования методом наплавления из пластика PETG. Проведены экспериментальное исследование изготовленных макетов и сравнение полученных экспериментальных данных с данными численного моделирования. Изготовленные модели волноводных фотонных кристаллов в лучших вариантах показали перепад пропускания и отражения в соответствующих частотных полосах порядка 15–20 дБ, что приемлемо для реальных технических приложений. Результаты численного моделирования и экспериментов хорошо согласуются, что говорит о высокой эффективности и хорошем контроле топологии и размеров конструктивных элементов изготавливаемых фотонных кристаллов в использованном варианте технологии 3D-печати.

22.05-01.314 Новый класс точных решений уравнений Навье—Стокса с учетом внутреннего тепловыделения. *Горулева Л.С., Просвиряков Е.Ю. Химическая физика и мезоскопия.* 2022. 24, № 1, с. 82-92. Рус.

Представлены новые точные решения трехмерных уравнений Навье—Стокса, которые учитывают диссипацию энергии в уравнении переноса тепла в движущейся жидкости. Течения вязкой несжимаемой жидкости могут быть как установившимися, так и неустановившимися. Для построения точных решений за основу взят класс точных решений Линя—Сидорова—Аристов. Характерная особенность представления поля скоростей заключается в том, что оно описывается линейными формами относительно двух координат (горизонтальных или продольных). Коэффициенты линейных форм зависят от третьей координаты (вертикальной или поперечной) и от времени. Давление и температура жидкости являются квадратичными формами с аналогичной структурой для скорости. Данное семейство точных решений описывает течения вязкой несжимаемой жидкости с пространственным ускорением. Иными словами, учитываются нелинейные эффекты сил инерции, которые выражаются через конвективную производную вектора скорости и температуры в уравнениях Навье—Стокса и уравнении теплопроводности соответственно. Принимая во внимание рассеяние энергии в жидкости, конкурируют два квадратично нелинейных эффекта. Это обстоятельство существенно затрудняет исследование течений, поэтому в статье приводятся формулы, описывающие ползущее течение (приближение Стокса) и движение Озеена. Таким образом, показана возможность построения

точных решений уравнений движения с диссипацией механической энергии в тепловую энергию для полных уравнений Навье—Стокса, а также для их линеаризованных аналогов в приближении Стокса и Озеена.

22.05-01.315 Светоподобные сингулярные гиперповерхности в квадратичной гравитации. *Иванова И.Д. Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 1, с. 2211501. Рус.

С помощью принципа наименьшего действия были получены уравнения движения для сингулярной гиперповерхности произвольного типа в квадратичной гравитации. Уравнения, содержащие компоненты поверхностного тензора энергии-импульса, соответствующие «внешнему давлению» и «внешнему потоку», вместе с условиями Лихнеровича необходимы для нахождения самой гиперповерхности, тогда как остальные уравнения определяют произвольные функции, которые возникают из-за неявного присутствия производной дельта-функции. Оказалось, что для квадратичной поправки Гаусса—Бонне не существует ни двойных слоев, ни тонких оболочек. Было продемонстрировано, что для светоподобных сингулярных гиперповерхностей отсутствует «внешнее давление». Для сферически-симметричных светоподобных сингулярных гиперповерхностей дополнительно равен нулю «внешний поток», поэтому такие гиперповерхности могут быть только тонкими оболочками. В этом случае система уравнений движения редуцируется до одного, которое, наряду с условиями Лихнеровича, выражается через инварианты сферической геометрии.

22.05-01.316 Описание осцилляций нейтрино в магнитном поле в КТП: протяженный неоднородный источник и проблема солнечных нейтрино. *Волобуев И.П., Егоров В.О. Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, с. 2241502. Рус.

Осцилляции нейтрино в магнитном поле рассматриваются в пертурбативном квантовом теоретико-полевом подходе с зависящим от расстояния пропагатором. Данный формализм применен для описания конкретных процессов осцилляций солнечных нейтрино, учтена протяженность и неоднородность источника, которым является ядро Солнца. Получены асимптотические формулы для вероятности нейтринных осцилляций в случаях, когда нейтрино детектируются через взаимодействие со слабыми заряженным и нейтральным токами. Показано, что полученные результаты хорошо согласуются с результатами экспериментов по измерению потока солнечных нейтрино.

22.05-01.317 Простые примеры неабелевой фермионной T-дуальности в супергравитации. *Астраганцев Л.Н. Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, с. 2241507. Рус.

Правила преобразования полей при обычной фермионной T-дуальности требуют антикоммутиации фермионных изометрий, что приводит к комплексным спинорам Киллинга и к комплексным дуальным фонам. Мы обобщаем данные преобразования полей в случае неантикоммутирующих фермионных изометрий и показываем, что результирующие фоны являются решениями двойной теории поля. Для наглядности приведены явные простые примеры преобразований неабелевой фермионной T-дуальности в пространстве Минковского, дающие как комплексные, так и действительные фоны. Некоторые из наших примеров с помощью бозонной T-дуальности можно сделать обычными супергравитационными решениями, другие же, напротив, являются чисто негеометрическими решениями. Приведена классификация геометрических и негеометрических решений и их связь с дуальным временем.

22.05-01.318 Обобщенная супергравитация из поливекторных деформаций. *Губарев К.А. Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, с. 2241508. Рус.

Предложен метод построения уравнений обобщенной 10D супергравитации при помощи неунимодулярных би-Киллинговых деформаций Янга—Бакстера. Представленный подход обобщен на 11D случай. При помощи неунимодулярных три-Киллинговых обобщенных деформаций Янга—Бакстера получено обобщение уравнений 11D супергравитации.

22.05-01.319 Взаимодействие аксионной темной ма-

терии с электромагнитным полем в анизотропной однородной Вселенной типа Бианки V и VI. *Шакирзянов А.Ф., Балажин А.Б. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 4, с. 2241509. Рус.*

Для классов V и VI моделей Бианки, описывающих эволюцию анизотропной пространственно однородной ранней Вселенной с глобальным магнитным полем, исследована проблема формирования электрического поля, индуцированного взаимодействием фотонов с аксионной темной материей. Проблема исследована в рамках авторской версии нелинейной аксионной электродинамики. Показано, что только для частной модели Бианки-VI0 симметрия магнито-электрической полевой конфигурации совместна с пространственной симметрией модели. Для модели данного типа найдены точные решения электродинамических уравнений и установлено, что эволюция аксионно-индуцированного электрического поля может сопровождаться его аномальным ростом.

22.05-01.320 Усовершенствование характеристик синтезатора частоты в квантовом стандарте частоты на атомах цезия. *Исупова Е.В., Будников А.С., Давыдов В.В., Валов А.П., Петров А.А. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 4, с. 2241201. Рус.*

Квантовый стандарт частоты необходим для точного измерения частоты колебаний или генерирования колебаний со стабильной во времени частотой. Важным функциональным узлом в стандарте частоты на атомах цезия является синтезатор частоты. В работе представлена новая схема синтезатора частоты, основанная на методе прямого цифрового синтеза. Подробно рассмотрены достоинства и недостатки нового метода синтеза сигнала, указаны отличия этого метода от других. Приведено описание основных узлов новой схемы синтезатора. С помощью увеличения разрядности накапливающего сумматора добились уменьшения шага перестройки выходной частоты на несколько порядков. Сделан вывод о том, что данный метод удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к параметрам синтезаторов частоты.

22.05-01.321 Изучение зависимости механических потерь, вызванных электрическим полем в кремниевых дисковых резонаторах, от удельного сопротивления кремния. *Клочков Я.Ю. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 4, с. 2241202. Рус.*

В нескольких проектах будущих интерферометрических гравитационно-волновых детекторов в качестве материала пробных масс рассматривается монокристаллический кремний. Для регулировки положения пробных масс предлагается использовать электростатические актюаторы. Их электрическое поле приведёт к появлению дополнительных потерь и шумов в пробных массах, поскольку кремний обладает конечной проводимостью. Разработанная экспериментальная установка позволяет изучать эти потери на модели, состоящей из кремниевого дискового резонатора и расположенного рядом электрода в диапазоне температур 100–300 К. На основании зависимости удельного сопротивления кремния от температуры была построена зависимость вносимых электрическим полем механических потерь от удельного сопротивления кремния, которая удовлетворительно согласуется с теоретической моделью. Полученные результаты позволяют рассчитать механические потери, возникающие из-за воздействия электростатического поля актюаторов на пробные массы, и соответствующие шумы.

22.05-01.322 О возможности краткосрочного прогноза геомагнитных возмущений на примере выброса корональной массы в ноябре 2021 г. *Лукманов В.Р., Тюльбашев С.А., Чашей И.В. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 5, с. 2240201_1-2240201_5. Рус.*

Кратко описаны результаты предыдущих работ по наблюдению межпланетных мерцаний на модернизированном радиотелескопе меридионального типа БСА ФИАН. Представлены результаты наблюдения выброса корональной массы (СМЕ) и связанной с ним сильной магнитной бури в ноябре 2021 года. Увеличение мерцаний началось на гелиоцентрическом расстоянии 0.7 астрономических единиц через 27.5 часов после вспышки, а магнитная буря началась через 14.5 часов после начала усиления мерцаний. Результаты анализа этого события иллю-

стрируют возможность краткосрочного предсказания космической погоды по данным мониторинга межпланетных мерцаний.

22.05-01.323 О диагностических соотношениях между акустической и энтропийной модами. *Лебле С.Б., Смирнова Е.С. Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки. 2021, № 4, с. 84-89. Рус.*

Аналитически установлены соотношения, связывающие возмущения для акустического и энтропийного (стационарного) режимов, и получены решаемые диагностические уравнения. Эти уравнения задают акустические и энтропийные режимы в произвольном стратифицированном газе при условии устойчивости. Диагностические соотношения не зависят от времени и определяют акустический и энтропийный режимы. Они предоставляют возможность однозначно разложить общий вектор возмущений на акустическую и неакустическую (энтропийную) части в любой момент в пределах всего доступного диапазона высот.

22.05-01.324 Кинетическое описание свистовой волны, распространяющейся в плазме вдоль магнитного поля. *Артеха Н.С., Шкляр Д.Р. Физика плазмы. 2022, 48, № 7, с. 613-627. Рус.*

Резонансное взаимодействие волн и частиц — одно из важнейших явлений, определяющих спектры волн и динамику энергичных частиц космической плазмы. Это взаимодействие наиболее полно исследовано для случая, когда плазму можно с хорошей точностью разделить на две компоненты: холодную компоненту, определяющую дисперсионные свойства волн и не участвующую в резонансном взаимодействии, и энергичную компоненту, плотность которой мала по сравнению с плотностью холодной компоненты, так что она не влияет на дисперсию волн. Напротив, энергичные частицы участвуют в резонансном взаимодействии с волной, определяя ее кинетическое бесстолкновительное затухание (или усиление в случае неустойчивой плазмы). Для вычисления декремента или инкремента волны функцию распределения энергичных частиц, как правило, полагают заданной аналитически, а также считают, что декремент или инкремент существенно меньше частоты. В настоящей работе развит подход к исследованию линейного резонансного взаимодействия свистовых волн, распространяющихся вдоль внешнего магнитного поля, с энергичными электронами, который позволяет снять указанные выше ограничения и для волны с заданным волновым вектором найти действительную и мнимую часть частоты при произвольном соотношении между ними. При этом функция распределения электронов, которая не разделяется на холодную и энергичную компоненты, может быть задана численно, например, на основе спутниковых измерений дифференциальных потоков частиц. Развитый подход проиллюстрирован на примере измерений потоков электронов на спутниках Van Allen Probe-A и MMS.

22.05-01.325 Нижнегибридные волны при взаимодействии метеорных хвостов с ионосферой Земли. *Морозова Т.И., Попель С.И. Физика плазмы. 2022, 48, № 7, с. 635-638. Рус.*

Исследована возможность генерации нижнегибридных волн в метеороидных хвостах при их взаимодействии с ионосферой Земли. Нижнегибридные волны возбуждаются в результате развития неустойчивости бунемановского типа вследствие движения плазмы хвоста метеороида относительно магнитного поля Земли. Обсуждаются магнито-модуляционные процессы, обусловленные существованием в плазме нижнегибридных волн, в результате развития которых происходит генерация квазистационарных возмущений магнитного поля. Показано, что эти возмущения по порядку величины совпадают с наблюдаемыми магнитными полями, возникающими во время пролетов метеороидов.

22.05-01.326 О возможности фононного механизма сверхпроводимости в купратных ВТСП. *Лыков А.Н. Физика твердого тела. 2022, 64, № 11, с. 1631-1637. Рус.*

Рассмотрены некоторые особенности электронно-фононного механизма в купратных высокотемпературных сверхпроводниках (ВТСП) для объяснения их свойств. Показано, что взаимодействие электронов со слабо фиксированными ионами кислорода в кристаллической решетке может приводить к сильно-

му электрон-фононному взаимодействию, и это объясняет высокие критические температуры в купратных ВТСП. На основе данного подхода объяснено наличие максимума T_c в гомологических рядах купратных ВТСП и предложен метод поиска новых ВТСП с более высокими критическими температурами. Ключевые слова: высокотемпературная сверхпроводимость, электрон-фононное взаимодействие, граничные условия, теория Гинзбурга—Ландау, ионы кислорода, модель "желе".

22.05-01.327 Макроскопическое квантовое туннелирование: от квантовых вихрей до черных дыр и Вселенной. Macroscopic quantum tunneling: from quantum vortices to black holes and Universe. *Volovik G. Ж. эксперим. и теор. физ.* 2022. 162, № 4, с. 449-454. Англ.

DOI: 10.31857/S0044451022100017.

22.05-01.328 Темная материя и движение тел в космосе. *Рябушко А.П., Жур Т.А. Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук.* 2022. 58, № 3, с. 318-326. Рус.

Исследуется степень влияния гравитационного поля темной материи на законы движения тел в среде в ограниченной задаче двух тел, когда пробное тело (планета, астероид, искусственный спутник звезды, в частности, Солнца и т.д.) обладает собственным вращением, т.е. собственным угловым моментом импульса. Исследование проведено в рамках постньютоновского приближения общей теории относительности. В соответствии с новейшими экспериментальными данными приняты гипотезы об усредненных плотностях темной материи $\rho_{Т.М}$ и видимой материи $\rho_{вид}$ в планетарных системах. В частности, в Солнечной системе принято: $\rho_{Т.М}=2,8 \cdot 10^{-19}$ г · см⁻³, $\rho_{вид} \approx 3 \cdot 10^{-20}$ г · см⁻³ и $\rho_{\Sigma} = \rho_{вид} + \rho_{Т.М} \approx 3,1 \cdot 10^{-19}$ г · см⁻³. В постньютоновском приближении общей теории относительности выведено уравнение траектории вращающегося пробного тела при учете ρ_{Σ} и получены рабочие формулы, дающие законы вековых изменений направления вектора собственного углового момента импульса пробного тела и модуля этого вектора. Показано, что учет $\rho_{Т.М}$ изменяет величину смещения периастра. В Солнечной системе, например, при учете только $\rho_{вид}$ все планеты, кроме Плутона, имеют в постньютоновском приближении общей теории относительности прямое смещение перигелия. При учете ρ_{Σ} планеты от Меркурия до Сатурна включительно имеют прямое смещение перигелиев, а Уран, Нептун, Плутон — обратное (против хода планет по орбите). Также происходит вековое изменение эксцентриситета орбиты. Выведена формула, с по-

мощью которой можно вычислять вековое отклонение поступательного движения вращающегося тела от движения в плоскости. Учет ρ_{Σ} это отклонение усиливает. Подчеркивается, что все отмеченные эффекты для планетарных систем в окрестностях нейтронных звезд, радиопульсаров и прочих плотных объектов могут быть на много порядков больше, чем в Солнечной системе.

22.05-01.329 Применение вибродиагностики при создании элементов персонального электротранспорта. *Волочко А.Т., Янкевич С.Н., Хроль И.Н., Подорожная И.В., Калиновский Н.А. Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук.* 2022. 67, № 3, с. 269-276. Рус.

Проведено исследование вибронгруженности основных элементов персональных электрических транспортных средств и поиск путей снижения вибрационных характеристик. Рассмотрены вопросы измерения вибрации, возникающей на велосипеде, который приводится в движение мускульной силой человека и электроприводом. Измерения виброускорения и частотных спектров на определенном участке движения осуществлялись с помощью анализатора спектра «Октава-101ВМ» в три этапа. На первом этапе электровелосипед приводился в движение с помощью педального привода, на втором — электроприводом, на третьем — педали и электропривод работали параллельно. В результате проведенных испытаний установлено, что наибольшая вибрация происходила в режиме «Мотор» в процессе использования электровелосипеда, наименьшая вибрация — при езде с выключенным электродвигателем. Обнаружено, что электропривод увеличивает уровень вибрации (при этом у электровелосипеда по всем осям не происходит превышения предельно допустимых значений уровней вибраций). С целью уменьшения возникающей от электродвигателя вибрации на персональном электротранспорте разработана компьютерная 3D-модель и изготовлен по данной модели на 3D-принтере безвоздушный колесный движитель (колесо для электросамоката с внутренним демпфированием). Стендовые испытания показали, что разработанное колесо в сравнении с пневматической шиной имеет меньшее (до 45%) пятно контакта. Полученные результаты можно использовать при разработке конкурентоспособной продукции, в частности персонального электротранспорта.

См. также **22.05-01.23**, **22.05-01.80**, **22.05-01.81**, **22.05-01.82**, **22.05-01.137**, **22.05-01.258**

Астрономия

22.05-01.330 Необычное проявление возмущения Лидова—Козаи в группе Гильды. *Виноградова Т.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 54.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 3-10. Рус.

Исследовано действие механизма Лидова—Козаи в области группы Гильды, астероиды которой движутся в соизмеримости средних движений 3:2 с Юпитером. Исследование производилось с помощью численного интегрирования уравнений движения реальных астероидов. При этом использовалась простейшая динамическая модель, в которой учитывались возмущения только от Юпитера, движущегося по фиксированной эллиптической орбите. После исключения классических вековых возмущений было исследовано влияние механизма Лидова—Козаи на элементы орбит. В результате обнаружено, что максимум эксцентриситета и соответственно минимум наклона орбиты наблюдаются не при обычных значениях аргумента перигелия $\omega=90^\circ$ и 270° , а в точках $\omega=0^\circ, 180^\circ$. При значениях же $\omega=90^\circ, 270^\circ$, наоборот, имеет место минимум эксцентриситета и максимум наклона. Обычный для возмущения Лидова—Козаи характер изменения наклона и эксцентриситета сохраняется только для астероидов, большая полуось орбиты которых либрирует с относительно большой амплитудой.

22.05-01.331 Прогноз параметров вращения Земли с использованием методов локальной аппроксимации. *Грибанова М.С., Скуригина Е.А. Труды Института при-*

кладной астрономии РАН № 54. СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 11-20. Рус.

Приведено исследование применимости метода локальной аппроксимации для прогноза ПВЗ. Изложено краткое теоретическое обоснование метода локальной аппроксимации. Проведено тестирование различных возможностей алгоритма для поиска оптимальных условий при прогнозировании. На основании полученных результатов установлено, что наиболее точный и оперативный прогноз для координат полюса получается итерационным методом на опорном интервале в семь лет и с использованием размерности многомерного представления около 340 дней, для UT1—UTC на интервале в три года и 180 дней. Представлены результаты и их анализ на основании сравнения с данными, полученными в IERS, в Институте прикладной астрономии Российской академии наук (ИПА РАН), а также с данными лучших методов пилотного проекта IERS по комбинированию прогнозов ПВЗ (ЕОРСРРР, Earth Orientation Parameters Combination of Prediction Pilot Project) за период 2011—2015 гг. Точность краткосрочного прогноза до 10 дней для координат полюса близка к точности результатов годовых отчетов IERS 2016—2018 гг. и лучших методов ЕОРСРРР (менее 3 мс дуги): до 40 дней сопоставима по точности (лучше 8 мс дуги), в то время как точность прогноза до 90 дней несколько хуже. Среднесрочные и долгосрочные прогнозы всемирного времени уступают прогнозам IERS, но все же дают хорошие результа-

ты. Главным достижением стало СКО прогноза на 1 день для всемирного времени. По данным за 2018—2019 гг. оно составило 0.08 мс, что ближе всего к точности прогноза IERS.

22.05-01.332 Проект «РадиоАстрон». Калибровка космического телескопа в полете — автоматизация обработки измерений. *Ермаков А.Н., Ковалев Ю.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 54.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 21-26. Рус.

Представлены первые результаты новой разработки, модернизации и внедрения автоматизированной системы массовой обработки телеметрической информации с калибровочными данными от космического радиотелескопа в полете в 2011—2019 гг. по наблюдениям радиоисточников в режиме одиночного телескопа в юстировочных сеансах — по радиометрическому выходу, после квадратичного детектирования. Система состоит из трех ключевых программ, обрабатывающих отклики трех видов сигналов в каждом поляризационном канале каждого диапазона. Это отклики на: 1) сканирование источника, 2) включение-выключение четырех внутренних калибровочных генераторов шумового сигнала и 3) собственные шумы системы. При наблюдениях первичных калибровочных источников эти данные поступают на штатную телеметрию космического аппарата от радиометрических выходов бортовых интерферометрических приемников в диапазонах 6.2, 18 и 92 см, в каналах левой и правой круговых поляризациях. Результаты позволяют контролировать состояние космического радиотелескопа и его калибровку по потоку в режимах одиночного телескопа и наземно-космического интерферометра. Они могут также быть использованы в проекте «Миллиметрон» и в других будущих космических проектах.

22.05-01.333 Анализ радиометрических измерений параметров атмосферы в периоды обледенения воздушных судов в районе аэропорта Санкт-Петербурга. *Зуев В.В., Павлинский А.В., Савельева Е.С., Ильин Г.Н., Быков В.Ю. Труды Института прикладной астрономии РАН № 54.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 27-31. Рус.

Обледенение воздушного судна в полете является одним из неблагоприятных и потенциально опасных метеорологических явлений для авиации. Наибольшую опасность обледенение представляет для малоразмерных и беспилотных летательных аппаратов, для которых единственной защитой от обледенения является его своевременный и точный прогноз. Разработка новых методов прогнозирования возможного обледенения, в том числе автоматизированных методов на основе наземных наблюдений, требует подробного изучения метеорологических условий, при которых происходит его возникновение. В работе приведены результаты радиометрических измерений параметров атмосферы в районе аэродрома Пулково в условиях обледенения и при его отсутствии, рассмотрено их влияние на вероятность возникновения обледенения. Используются данные собственных измерений общего влагосодержания атмосферы и температуры воздуха; а также данные о высоте нижней границы облачности и случаях фактического обледенения воздушных судов в полете, полученные от метеослужбы аэропорта Пулково. На основе полученных данных построены гистограммы распределения вероятности обледенения в зависимости от измеренных параметров атмосферы. Уточнены диапазоны температуры и влагосодержания атмосферы, при которых вероятность обледенения максимальна. Показано, что наибольшее количество случаев обледенения наблюдается при значениях общего влагосодержания в диапазоне от 0.7 до 1.1 г/см², с максимумом распределения вероятности при $Q = 0.71$ г/см². Все случаи обледенения наблюдались при температуре от -12 до 0°C без выраженной зависимости от высоты. Выявлено значительное увеличение количества случаев обледенения при высоте нижней границы облачности в диапазоне от 200 до 400 м. Полученные данные могут быть использованы как для уточнения критериев прогнозирования риска обледенения в автоматизированных прогнозных системах, так и в качестве вспомогательных параметров в ручном составлении прогнозов.

22.05-01.334 Проект «РадиоАстрон». Калибровка космического телескопа в полете в диапазонах 6.2, 18 и 92 см в 2015—2018 гг. *Ковалев Ю.А., Васильков В.И.,*

Ермаков А.Н., Виняйкин Е.Н., Попов М.В., Согласнов В.А., Ларионов М.Г., Николаев Н.Я., Миронова Е.Н., Бургин М.С., Ковалев Ю.Ю., Войцкич П.А., Лисаева М.М., Кутыкин А.М., Алакоз А.В., Шахворостов Н.Н., Белоусов К.Г., Коваленко А.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 54. СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 32-39. Рус.

Представлены результаты мониторинга радиометрических измерений в юстировочных сеансах, выполненных относительно первичных калибраторов по потоку, — остатков Сверхновых Кассиопея-А и Крабовидная туманность. Данные обработаны новой автоматизированной системой, предназначенной для обработки и калибровки параметров космического радиотелескопа по данным юстировочных сеансов. Для каждого диапазона получены эквивалентные спектральные плотности потока излучения системы и калибровочные амплитуды восьми внутренних генераторов шумового сигнала (основные и резервные, Ян) для использования при калибровках наземно-космического интерферометра в каналах левой и правой круговых поляризаций. Анализ показывал, что в пределах погрешности измерений все калибровки были стабильны в исследованный 4-летний период, а температуры собственных шумов космического радиотелескопа во всех диапазонах — близки к измеренным в первые два года полета.

22.05-01.335 Об аппроксимации влажной тропосферной задержки в зените случайным блужданием. *Куделькин А.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 54.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 44-51. Рус.

Одна из важнейших проблем обработки данных космической геодезии — учет некоторых быстро меняющихся параметров, в том числе флуктуаций влажной части тропосферной задержки в зените (ZWD, Zenith Wet Delay). Учет данного параметра особенно важен при анализе данных РСДБ и ГНСС. Стандартным методом обработки данных параметров является аппроксимация некоторым стохастическим процессом, чаще всего случайным блужданием. Цель данной работы — вычисление параметра случайного блуждания для моделей с трендом и без тренда по результатам наблюдений радиометра водяного пара (РВП) за 2019 г. для станций «Светлое», «Зеленчукская» и «Бадары», а также анализ качества модели. Для оценки параметра случайного блуждания применялись методы Калмана и коллокации — для моделей без тренда и с трендом соответственно. Для ускорения вычисления оценок в случае модели с трендом был предложен алгоритм быстрого решения линейной системы с матрицей специального вида, представляющей собой модификацию известного метода прогонки. Наконец, для проверки качества полученной оценки использовалось сравнение спрогнозированного значения ZWD со значением, полученным РВП. В статье вычислена оценка параметра нормального случайного блуждания стохастической части ZWD для моделей случайного блуждания с трендом и без тренда для станций «Светлое», «Зеленчукская» и «Бадары» по результатам РВП-наблюдений. Методом Шапиро—Уилка, а также визуально проверено соответствие данных и модели. Показано, что нормальное случайное блуждание является достаточно грубым приближением и достоверно описывает данные лишь в тех случаях, когда значения ZWD малы. Кроме того, установлено, что модель блуждания с линейным трендом на коротких интервалах дает более точное приближение, чем модель без тренда.

22.05-01.336 Метод определения прямолинейной орбиты для тела, движущегося в плоскости эклиптики. *Кузнецов В.Б. Труды Института прикладной астрономии РАН № 54.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 52-62. Рус.

Работа посвящена определению прямолинейной орбиты по трём наблюдениям для тел, движущихся в плоскости эклиптики. Этот частный случай, когда наблюдаемое тело и наблюдатель движется в одной плоскости, является наиболее трудным для исследований прямолинейного движения. В исследовании рассматриваются траектории 2-го рода, т. е. проходящие через афелий орбиты. Они соответствуют прямолинейно-эллиптическому движению. Такие траектории можно разделить на два возможных случая группировки наблюдений относительно момента прохождения афелия. Также рассматриваются траектории 1-го рода, т. е. не проходящие через афе-

лий орбиты. Они могут соответствовать всем типам прямолинейного движения (эллиптическому, параболическому и гиперболическому). Целью данной работы явилась разработка метода, позволяющего определять орбиту при любом распределении наблюдений на траекториях обоих родов. Предлагаются системы трансцендентных уравнений, удовлетворяющих как эллиптическому типу движения (по траектории второго рода) наблюдаемого тела, так и всем типам (по траектории первого рода). На базе имеющейся системы уравнений строится целевая функция, минимум которой представляет собой искомое решение. Описывается методика для поиска границ двумерной области возможных решений. Минимум целевой функции находится с помощью метода Дэвидона—Флетчера—Пауэлла. Из двух возможных решений выбирается взаимосогласованное, с наилучшим представлением наблюдений. Представленные в данной работе методы иллюстрируются определением модельных прямолинейных орбит эллиптического и гиперболического типов.

22.05-01.337 Определение орбиты небесного тела. *Медведев Ю.Д., Булекбаев Д.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 54.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 63-70. Рус.

Описаны основные этапы определения орбиты небесного тела по его наблюдениям. Выявлены основные трудности, которые могут возникнуть при уточнении орбиты исследуемого тела. Отмечено, что определение орбиты можно рассматривать как краевую задачу, где краевыми условиями являются наблюдения небесного тела. Определение первоначальной орбиты выполнено по формулам, специально разработанным Ю.В. Батраковым для орбит ИСЗ. Приведен пример расчета орбиты ИСЗ. Дана схема вывода основных формул улучшения параметров орбиты. Обращает на себя внимание возможность быстрого роста значений элементов матрицы изохронных производных, элементами которой являются частные производные от текущих параметров движения по их начальным значениям (матрицант) при их вычислениях на большие интервалы времени. Для устранения этой особенности предложено использовать свойство матрицанта, которое заключается в том, что произведение матрицантов, вычисленных на подынтервалах, равно значению матрицанта на интервале. Отмечено, что если используется одношаговый метод интегрирования, то оптимально сократить длину подынтервала интервала до минимально возможного — до длины шага интегрирования уравнений движения. Численные эксперименты показали, что использование такой схемы вычисления матрицанта позволяет значительно сократить время вычисления при уточнении орбиты. Отмечается также, что выбор эпохи начальных параметров орбиты позволяет повысить обусловленность нормальной системы уравнений, получаемой при улучшении орбиты.

22.05-01.338 Уровень рельсового пути антенн радиотелескопов РТ-32 комплекса «Квазар—КВО». *Шамонов А.О. Труды Института прикладной астрономии РАН № 54.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 71-74. Рус.

Представлены результаты измерений уровня рельсового пути антенн радиотелескопов комплекса «Квазар—КВО» с диаметром главного зеркала 32 м (РТ-32) и анализа динамики изменений уровня рельсового пути с течением времени. От состояния поверхности рельсового пути зависит износостойкость элементов конструкции РТ, связанных с перемещением по азимуту. Кроме этого, в случае неудовлетворительного состояния рельсового пути пространственное положение угломестной оси РТ будет отягощено систематической ошибкой, причем в каждом положении РТ по азимуту она будет иметь разное значение. В связи с этим для определения, в частности, высотной составляющей данной систематической ошибки были произведены вычисления уровня угломестной (УМ) оси РТ-32 в зависимости от азимутального положения. В результате для каждого РТ-32 радиоинтерферометрического комплекса «Квазар—КВО» была определена величина систематической ошибки высотного положения УМ оси, а также диапазон, в пределах которого она меняется при перемещении РТ по азимуту. Анализ показывает, что уровень рельсового пути РТ-32 со временем ухудшается, что отражается на росте такого параметра, как стандартное отклонение уровня рельсового пути РТ. При значительных пере-

падах высот в зонах работы радиотелескопа при азимутальном движении механизмы азимутального движения, рельс и основание РТ подвергаются аномальным нагрузкам, приводящим к преждевременному износу.

22.05-01.339 Передача времени на сверхдлинных волнах с помощью кодовой манипуляции фазы несущей. *Жуков Е.Т., Бабайкин Б.Ф., Батура А.С., Белянкин П.В., Филиппов Д.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 55.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 3-9. Рус.

Рассмотрены основные аспекты усовершенствования существующего метода передачи времени на сверхдлинных волнах (СДВ) радиостанциями связи ВМФ РФ. Используемый метод передачи сигналов времени состоит в передаче ряда несущих и устранении многозначности на разностных частотах для высокоточных фазовых измерений и амплитудной модуляции одной из них импульсами низких частот и меток времени. Основная цель работы — усовершенствование метода передачи сигналов времени — может быть достигнута через реализацию следующих поставленных задач: повышение оперативности метода путём сокращения длительности сеанса, повышение помехоустойчивости и обеспечение передачи сигнала в новом формате, который должен включать дополнительную информацию о разности Всемирного времени и UTC, текущем времени и позывном станции. Сокращение длительности сеанса передачи сигналов времени достигнуто путём оптимизации передачи компонент и пауз между ними в составе сеанса и использования полностью обновлённого формата программы низкочастотных амплитудно-модулированных радиоимпульсов (НЧ программы) на основе фазовой манипуляции длительностью 3 мин (в прежнем формате — от 14 до 19 мин — в зависимости от передаваемого формата). Передача позывного станции и дополнительной информации также выполняется с помощью фазовой манипуляции в течение 1 мин. Общая длительность сеанса привязки сокращена с 30...41 мин до 13 мин с одновременным повышением помехоустойчивости НЧ программы. Обеспечена передача дополнительной информации. Разработаны и испытаны образцы передающей и приёмной аппаратуры, реализующей усовершенствованный метод передачи времени на СДВ.

22.05-01.340 Эффективность несимметричной модуляции спектрально-селективного радиометра. *Колцов Н.Е. Труды Института прикладной астрономии РАН № 55.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 10-15. Рус.

Проблема. На радиотелескопах РТ-32 комплекса «Квазар—КВО» традиционные радиометры с квадратичными детекторами широкополосных шумовых сигналов заменяются спектрально-селективными радиометрами, которые обеспечивают высокую точность радиометрических измерений энергетических параметров радиоизлучения в условиях воздействия радиопомех. Эти радиометры используются при регулярных наблюдениях источников с непостоянной интенсивностью радиоизлучения и при мониторинге изменений уровней сигналов от стандартных (опорных) космических источников радиоизлучения. Для таких исследований первостепенное значение имеют чувствительность радиометра и точность измерения мощностей и шумовых температур принимаемого радиосигнала. При радиометрических измерениях приёмные устройства радиотелескопов работают в режиме модуляции меандром коэффициента усиления и генератора шума, имитирующего шум антенны, при одинаковых временных интервалах накопления принимаемого сигнала в смеси с собственными шумами радиотелескопа и только шумов радиотелескопа. Повысить чувствительность радиометра и точность измерений за счёт увеличения времени накопления сигнала не всегда возможно. Период обновления результатов радиометрических измерений, равный времени накопления сигнала, должен быть не очень большим, чтобы точнее отслеживать изменения мощности сигнала при сканировании источника излучения. Цель. Целью статьи является выяснение возможностей повышения чувствительности радиометра и точности измерений мощности принимаемого радиосигнала за счёт несимметричной модуляции генератора шума и приёмного устройства. Метод. Вычисляется коэффициент эффективности, равный отношению чувствительности радиометра при несимметричной модуляции к чувствительности радиометра при обычной симметричной модуляции

меандром. Рассматриваются три режима работы радиометра: модуляция меандром при времени накопления шумов, превышающем интервал накопления сигнала; несимметричная модуляция при одинаковых интервалах накопления сигнала и шума; несимметричная модуляция при несимметричном накоплении. Результат. Режим несимметричного накопления сигнала и шумов даже при симметричной модуляции приёмного устройства меандром позволяет повысить чувствительность спектрально-селективного радиометра на 21–29 % по сравнению с радиометром, работающим в обычном режиме симметричного (на одинаковых интервалах времени) накопления сигнала и шумов. Этот способ легко реализовать на радиотелескопах РТ-32. В режиме несимметричной модуляции при несимметричном накоплении можно дополнительно немного (на 3–6%) повысить чувствительность радиометра, но это требует совершенствования модулируемых узлов приёмного устройства. Режим несимметричной модуляции при симметричном накоплении неприемлем, так как только ухудшается чувствительность радиометра.

22.05-01.341 **Определение параболической орбиты геометрическим методом.** Кузнецов В.Б. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 55.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 16-23. Рус.

Определение предварительных орбит комет представляет интерес для кометной астрономии с точки зрения открытия новых или идентификации с уже известными кометами. В работе рассматривается геометрический метод для определения параболической орбиты, который является частным случаем метода Коши—Курышева—Перова. В нём показано, как в рамках задачи двух тел, исходя только из геометрических построений, по четырём угловым наблюдениям определить параболическую орбиту, не лежащую в плоскости движения наблюдателя. Данный метод позволяет свести задачу к решению алгебраической системы уравнений относительно двух безразмерных переменных с конечным числом решений. При этом он не имеет ограничений на длину орбитальной дуги и интервалов времени между наблюдениями. Все возможные комбинации положения тела на орбите разделяются на 4 варианта и представляются соответствующими системами уравнений. Представлен алгоритм поиска решения задачи без предварительной информации об искомой орбите. Решения ищутся в ограниченной квадратной области, в которой производится двухуровневая триангуляция, что позволяет покрыть исследуемую область меньшим числом треугольников без потери небольших изолированных участков. При этом производится ранжирование треугольников на соответствие условиям поиска, чтобы исключить большинство из них ещё на начальном этапе. Решения системы находятся посредством поиска минимумов целевой функции по симплексу методом Нелдера—Мида. Это обеспечивает нахождение всех возможных решений. Полученные орбиты сравниваются через представление наблюдений, и из них выбирается наилучшая. В качестве примера приведены результаты определения орбиты близпараболической кометы C/2020 F8 (SWAN).

22.05-01.342 **Обзор современных цифровых систем преобразования и регистрации сигналов для РСДБ-радиотелескопов.** Федотов Л.В. *Труды Института прикладной астрономии РАН № 55.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 24-35. Рус.

На современных радиотелескопах цифровые системы практически вытеснили аналоговую аппаратуру для преобразования и регистрации сигналов при радиоинтерферометрических наблюдениях. Однако обзорных статей по таким системам, как в нашей стране, так и за рубежом, очень мало. Зачастую скудные сведения о существующих и перспективных цифровых радиоастрономических системах разбросаны по различным публикациям, посвященным радиоастрономическим наблюдениям. Цель данной статьи — анализ современного состояния и перспектив развития отечественных и зарубежных цифровых систем для РСДБ-радиотелескопов, оценка уровня разработок в этой области и наиболее перспективных направлений совершенствования указанных систем. Проведен сравнительный анализ появившихся за последние годы в разных странах цифровых систем преобразования сигналов: R2DBE (США), DBBC3 (Европейский Союз), K6/GALAS (Япония), CDAS2 (Китай), KVN DAS (Южная Корея), ШСПС (широкополосная система пре-

образования сигналов) и МСПС (многофункциональная система преобразования сигналов) (Россия). Рассмотрены история развития, структурные схемы, параметры и особенности этих систем. Число каналов для цифровой обработки сигналов промежуточных частот в рассмотренных системах может варьироваться от 2 до 12. В каждом канале после аналого-цифрового преобразования сигналов формируются цифровые потоки, как правило, в формате VDIF (VLBI Data Interchange Format). Предусмотрено не только 2-битовое квантование сигналов, но и возможность увеличения числа бит на каждую выборку сигнала до 4, 8, 10 или 16. Для цифровой обработки сигналов во всех рассмотренных системах используются программируемые логические интегральные схемы, так как только они способны обеспечить указанную обработку в реальном времени. Большее значение имеет использование стандартного интерфейса Ethernet и высокоскоростных оптических линий для передачи цифровых потоков в аппаратуру регистрации данных, которая на современных радиотелескопах строится на основе высокопроизводительных коммерчески доступных компонентов и программного обеспечения с открытым кодом. Основной тенденцией развития цифровых систем преобразования сигналов является увеличение суммарной скорости выходного информационного потока, которая может достигать 96 Гбит/с и более. Для систем регистрации характерен отказ от разработки специализированных устройств и компонентов системы на основе сетевых технологий хранения большого объема данных. К другим направлениям развития современных цифровых систем на радиотелескопах можно отнести: минимизацию использования аналоговых методов и устройств для преобразования сигналов; стремление использовать не уникальные, а широко доступные и стандартизованные цифровые устройства; размещение цифровой системы непосредственно на антенне радиотелескопа с передачей цифровых потоков в систему регистрации, расположенную в аппаратном помещении, по волоконно-оптическим линиям. Важным направлением развития цифровых систем преобразования сигналов является расширение их функциональных возможностей и создание унифицированных систем, способных обеспечить как радиоинтерферометрические, так и радиометрические либо спектральные наблюдения без замены аппаратуры. Показано, что отечественные цифровые системы по своим параметрам не уступают лучшим зарубежным образцам, а по некоторым характеристикам превосходят их.

22.05-01.343 **РСДБ-приемники РТ-13.** RT-13 VLBI Receivers. *Evstigneev A.A., Chernov V.K., Evstigneeva O.E., Ipatova I.A., Khvostov E.Yu., Lavrov A.P., Pozdnyakov I.A., Vekshin Yu.V., Zotov M.B.* *Труды Института прикладной астрономии РАН № 55.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 36-40. Англ.

This article gives a detailed overview of the radioastronomic receivers for the Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Science (IAA RAS) RT-13 fast radio telescopes that are intended for expanding the capabilities of the Russian VLBI network Quasar for continuous observations and joint operations with the global VGOS network. For work with different VGOS stations, IAA RAS has developed two types of receivers: a tri-band (S/X/Ka bands, circular polarizations) and a wideband receiver (3–16 GHz, linear polarizations). The article provides a summary of the development process, schematic diagrams, technical data, and design features. The results of RT-13 observations in single-dish mode and VLBI mode for both types of the receivers are presented. The Russian VLBI complex Quasar was improved significantly by construction of three fast RT-13 telescopes with two types of swappable receivers per each station enabling it to join VGOS networks and obtain necessary observation data.

22.05-01.344 **Обзор RASFX: Программный коррелятор РСДБ ИПА РАН.** Overview of RASFX: IAA RAS VLBI Software Correlator. *Ken V.O.* *Труды Института прикладной астрономии РАН № 55.* СПб.: ИПА РАН. 2020, с. 41-44. Англ.

The paper describes the implementation of the RASFX correlator based on Graphical Processing Unit (GPU). The main principles, hardware and software solutions for the quasi-real time VLBI data processing with up to 96 Gb/s data rate are described. RASFX is developed for geodetic VLBI observations processing and supported by IAA RAS. The RASFX software is designed to

run on GPU-based High Performance Computing (HPC) cluster. At present, the RASFX correlator is mainly used to process local 1-hour broadband S/X sessions; approximately 8000 sessions have been processed. The paper presents a comparison of group delays from the RASFX correlator with group delays obtained from the DiFX correlator output using PIMA software. RASFX is also used in the laboratory and VLBI tests of receiving and recording equipment.

22.05-01.345 Обзор RASFX: Программный коррелятор РСДВ ИПА РАН. *Nosov E.V. Труды Института прикладной астрономии РАН № 55.* СПб.: ИПА РАН, 2020, с. 45-47. Рус.

The data acquisition system for VLBI radio telescopes downconverts, filters and digitizes analog signals coming from the receiving system. During the last ten years, IAA RAS has made great progress in data acquisition systems development: from fully analog to fully digital devices, with a significant improvement in both performance and functionality. This paper gives an overview of the aforementioned systems and the prospects of further development.

22.05-01.346 Состояние макетирования ключевых узлов космической гравитационно-волновой антенны SOIGA. *Донченко С.С., Давлатов Р.А., Соколов Д.А., Лавров Е.А., Скакун И.О. Труды Института прикладной астрономии РАН № 56.* СПб.: ИПА РАН, 2021, с. 3-13. Рус.

Для регистрации гравитационных волн в диапазоне от 0.01 до 1 Гц предложен проект отечественной космической гравитационно-волновой антенны на орбите ГЛОНАСС под названием «SOIGA». Антенна состоит из 12 космических аппаратов, размещённых в трех орбитальных плоскостях ГЛОНАСС. В настоящей статье рассмотрены основные узлы «SOIGA»: межспутниковый лазерный высокоточный интерферометрический дальномер и система «спутника, свободного от сноса». В работе описана функциональная схема межспутниковой оптической интерферометрической системы. На ее основе был разработан наземный макет. Первые результаты демонстрируют точность измерений интерферометрической системы на уровне ± 0.5 нм. В статье предложен комбинированный метод оценки положения бортовой пробной массы (ПМ) в системе «спутника, свободного от сноса». Предложен и разработан наземный стенд полунатурного моделирования с подвесом ПМ. Выполнена оценка точности емкостной измерительной системы, которая составила ± 1.3 нм. По результатам экспериментальных исследований определены направления дальнейшего развития макетов основных узлов проекта «SOIGA».

22.05-01.347 О возможности юстировки Главного зеркала радиотелескопа РАТАН-600 лазерными измерительными системами. *Жаров В.И., Сотникова Ю.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 56.* СПб.: ИПА РАН, 2021, с. 14-21. Рус.

Рассмотрены возможности новой методики геометрического контроля больших антенных поверхностей с использованием современных высокоточных лазерных измерительных систем на базе тахеометра Leica TDRA6000 и абсолютного лазерного трекера Leica AT402. Показаны возможности юстировки антенны переменного профиля радиотелескопа РАТАН-600 на примере определения радиального положения отдельных элементов. Приведена краткая характеристика традиционных геодезических методов определения радиального положения элементов Южного сектора с использованием оборудования и инструмента, применявшегося как при строительстве, так и при последующей эксплуатации антенны радиотелескопа (РТ). Проанализированы ошибки, возникающие при использовании традиционных геодезических методов. Рассмотрены преимущества использования современных лазерных координатно-измерительных систем при юстировке элементов Южного сектора по радиусу. Проведена предварительная оценка точности метода измерений с использованием современных лазерных измерительных систем. Тахеометром проведены измерения знаков опорной геодезической сети РТ и разработаны рекомендации по применению опорной геодезической сети для определения планового положения отдельных элементов Южного сектора. Апробированы различные типы метрологических от-

ражателей и адаптеров для установки отражателей на знаки опорной геодезической сети РТ. Проведены тестовые измерения радиального положения элементов Южного сектора. После планового профилактического ремонта отдельных групп элементов Южного сектора проведена геодезическая юстировка элементов с использованием высокоточного тахеометра Leica TDRA6000. Проведена оценка сходимости измерений по выборочным группам элементов в разных частях антенны. Дополнительно рассмотрены ошибки планового положения элементов, возникающие из-за ошибок привязки отражающей поверхности к плоскости представительных площадок. Рассмотрена методика определения планового положения элементов Плоского отражателя с использованием тахеометра. Показаны возможности корректировки элементов с максимальными значениями отклонений с использованием абсолютного лазерного трекера Leica AT402. Проведены тестовые измерения планового положения элементов Плоского отражателя. Приведены выводы по результатам корректировки отдельных групп элементов Плоского отражателя. Разработаны рекомендации по использованию полученных результатов и проведению дальнейших работ по доработке методики.

22.05-01.348 Солнечное затмение 21.06.2020 г. по наблюдениям на радиотелескопах ИПА РАН (первые результаты). *Иванов Д.В., Рахимов И.А., Дьяков А.А., Олифирова В.Г., Ерофеев Д.В., Топчило Н.А., Петерова Н.Г., Ипатов А.В., Андреева Т.С., Ильин Г.Н., Хвостов Е.Ю. Труды Института прикладной астрономии РАН № 56.* СПб.: ИПА РАН, 2021, с. 22-31. Рус.

Солнечное затмение 21.06.2020 г. (фаза 0.17–0.24) — это седьмой случай наблюдений затмений Солнца с помощью полноповоротных радиотелескопов РТ-32, РТ-13 и РТ-2, расположенных в обсерваториях на Северном Кавказе («Зеленчукская»), в Бурятии («Бадары») и Приморском крае (Уссурийская астрофизическая обсерватория), находящихся в ведении ИПА РАН. Задачи наблюдений определялись астрономическими обстоятельствами — Солнце находилось в стадии глубочайшего минимума, что в отличие от предыдущих случаев выдвинуло на первый план исследование слабых деталей структуры изображения Солнца, таких как распределение радиояркости вблизи лимба, корональные дыры, радиогрануляция, до сих пор недостаточно изученные. Метод наблюдений считается наилучшим благодаря применению квазиузулевого способа регистрации сигнала путем использования радиотелескопов с достаточно высоким пространственным разрешением (несколько угл. мин.), ограничивающим вклад спокойного Солнца. Именно с помощью РТ-32 впервые был достигнут теоретический предел эффективного углового разрешения затменных наблюдений — $(1-3)^\circ$ на микроволнах. Наблюдения солнечного затмения 21.06.2020 г. на РТ-13 и РТ-32 выполнялись на волнах 1.0 см, 3.5 см, 6.2 см и 13 см с анализом круговой поляризации, на РТ-2 — на волне 10.7 см в интенсивности. Приведены оригинальные записи и результаты первичной обработки, а также предварительного отождествления отдельных деталей структуры источников микроволнового излучения путем сопоставления с наблюдениями Солнца в других диапазонах (УФ и X-ray). Анализ наблюдений участков спокойного Солнца показал, что угловые размеры отдельных деталей радиогрануляции не превосходят $10''$, и отмечается высокая степень корреляции между флуктуациями на короткой (3.5 см) и длинной (13 см) волнах. Сделан вывод, что излучение наиболее ярких деталей радиогрануляции генерируется достаточно высоко в короне на расстоянии, превышающем 10 тыс. км от фотосферы. Обработка наблюдений при наведении на область I и IV контактов позволяет заключить, что яркость короны значительно уменьшилась по сравнению с ранее получаемыми значениями. Однако это касается яркости активной короны — радиопоток спокойного Солнца, наблюдаемый в период минимума цикла (начиная с 19 до 25-го) остается неизменным в широком диапазоне частот (1–9.4 ГГц).

22.05-01.349 Параметры эфемериды Луны ЕРМ2021а. *Кан М.О., Ягудина Э.И. Труды Института прикладной астрономии РАН № 56.* СПб.: ИПА РАН, 2021, с. 32-38. Рус.

Метод лазерной локации Луны (JLL, Lunar Laser Ranging,

LLR) вот уже более 50 лет является основным высокоточным средством для построения и улучшения эфемериды Луны. В предлагаемой работе рассматриваются и анализируются результаты обработки ЛЛЛ-наблюдений для получения параметров эфемериды Луны EPM2021a, созданной и поддерживаемой в ИПА РАН. До 2014 г. российская эфемерида Луны была основана на модели орбитально-вращательного движения Луны Г. А. Красинского и реализована в рамках системы ERA-7. С 2014 г. Д. А. Павлов начал разрабатывать новую версию эфемерид EPM (включая эфемериду Луны) в рамках модернизированной системы ERA-8. В последней версии эфемериды Луны EPM2021a реализована модель орбитально-вращательного движения Луны, близкая к используемой в DE430 (NASA JPL). В работе используется 30355 нормальных точек ЛЛЛ-наблюдений. Это число включает в себя 1344 впервые добавленных наблюдения. Нужно отметить, что 1210 из них были получены на станции Апаче в 2017–2020 гг.: наблюдения с этой станции не выкладывались с 2016 г. В результате проведенной обработки наблюдений получены следующие результаты: 1) получены уточненные параметры эфемериды Луны EPM2021a и их ошибки; 2) проведен анализ и сравнение полученных параметров с результатами, полученными по эфемериде Луны INPOP19a 1.

22.05-01.350 Многофункциональная система преобразования сигналов для радиотелескопа РТ-13 в обсерватории «Светлое». Маршалов Д. А., Носов Е. В., Федотов Л. В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 56. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 39-47. Рус.

Радиотелескопы РСДБ-сети «Квазар-КВО» РТ-32 и РТ-13 для радиоинтерферометрических, радиометрических и спектральных наблюдений используют различное оборудование. Применяемые в настоящее время на радиотелескопах РТ-32 в обсерваториях «Светлое», «Зеленчукская» и «Бадары» РСДБ-системы преобразования сигналов (СПС) являются узкополосными и не в полной мере удовлетворяют современным требованиям по полосам частот регистрируемых сигналов. Используемые на радиотелескопах РТ-13 в обсерваториях «Бадары» и «Зеленчукская» широкополосные СПС не обладают достаточным функционалом, необходимым для удовлетворения современных требований VGOS. Для расширения функциональных возможностей СПС, обеспечения наблюдений как в широкополосном, так и в узкополосном режимах регистрации сигналов, а также совместимости с любыми отечественными и зарубежными системами в ИПА РАН разработана многофункциональная система преобразования сигналов (МСПС), способная заменить собой все разнообразие СПС и других выходных устройств, используемых на радиотелескопах РТ-13 и РТ-32. Система содержит до 12 каналов — модулей цифрового преобразования сигналов, обеспечивающих цифровую обработку радиоастрономических сигналов в полосе шириной 2 ГГц. Управление МСПС осуществляется от центрального компьютера радиотелескопа, и система сопрягается с любыми радиоприемными системами РТ-32 и РТ-13. Суммарная скорость формируемого МСПС и передаваемого по оптическим линиям информационного потока может достигать 96 Гбит/с. Приведены структурная схема и описание аппаратной части системы, таблица основных параметров МСПС, фотографии входящих в ее состав модулей, которые построены на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС). Функции, выполняемые МСПС, определяются встроенным программным обеспечением, загружаемым в ПЛИС. Приведены структура и описание прошивки ПЛИС для модуля цифрового преобразования сигналов, которая обеспечивает работу системы в режиме РСДБ. Дано описание работы модуля в этом режиме. Рассмотрены функции программных блоков цифровой обработки и анализа сигналов, синхронизации, контроля и управления системой. Компактные размеры системы позволили разместить ее внутри фокальной кабины радиотелескопа. Представлены описание и фотографии конструктивного исполнения МСПС. Отмечены конструктивные особенности системы и меры, предпринятые для стабилизации температурного режима ее работы. Эксплуатация опытного образца МСПС, установленного на РТ-13 в обсерватории «Светлое», подтвердила его параметры и совместимость с любыми другими существующими СПС.

22.05-01.351 О негравитационном ускорении в дви-

жении астероидов, сближающихся с Землей. Чернетенко Ю. А., Кузнецов В. В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 56. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 48-54. Рус.

Для 294 астероидов, сближающихся с Землей (АСЗ), имеющих оптические и радарные наблюдения, получены значения параметров A_2 и A_3 негравитационного ускорения (НУ), вызываемого эффектом Ярковского (ЭЯ). Из них для дальнейшего анализа были отобраны 145 астероидов, для которых ошибки $A_2 < 0.5 \cdot 10^{-14}$ а. е. \cdot сут $^{-2}$), и такие решения мы считаем надежными. Полученные значения параметров НУ сопоставлены с размерами астероидов и значениями геометрического альbedo. Можно отметить некоторую корреляцию значений параметров A_2 и A_3 со значениями диаметров астероидов: при уменьшении диаметров $|A_2|$ и $|A_3|$ возрастают. Значения A_2 и $|A_3|$ сопоставлены с соответствующими значениями орбитальной ширины полюсов вращения 33 астероидов. Ожидаемая зависимость от положения осей вращения астероидов, в общем, наблюдается: 1) значения A_2 отрицательны для обратного вращения и положительны для прямого вращения; 2) значения $|A_3|$ максимальны в случае, если ось вращения лежит вблизи плоскости орбиты, хотя этот вывод менее надежен, чем предыдущий. При предположении о постоянном значении угла теплового запаздывания в 1° по значениям A_2 оценена величина A_1 и величина общего негравитационного ускорения A : $|A| \lesssim (5-10) \cdot 10^{-11}$ а. е. \cdot сут $^{-2}$, что примерно на 4 порядка меньше, чем ускорение, вызываемое, в среднем, кометной сублимацией ($\sim 10^{-7}-10^{-8}$ а. е. \cdot сут $^{-2}$). Эта оценка может быть полезной для разграничения проявлений кометной сублимации и эффекта Ярковского при рассмотрении движения астероидов с признаками кометной активности: если полученные оценки НУ больше этой величины, вероятнее всего, это НУ вызывается сублимацией.

22.05-01.352 Практика применения многофункциональной системы преобразования сигналов на радиотелескопах комплекса «Квазар-КВО». Бондаренко Ю. Б., Маршалов Д. А., Носов Е. В., Федотов Л. В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 57. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 3-9. Рус.

Новая многофункциональная цифровая система преобразования сигналов (МСПС) была разработана для замены используемых в настоящее время на радиотелескопах комплекса «Квазар-КВО» систем. Применение МСПС дает возможность не только повысить эффективность используемой на радиотелескопе аппаратуры, но и улучшить параметры радиотелескопа, непосредственно влияющие на результаты радиоастрономических наблюдений. Статья посвящена обобщению опыта использования МСПС на радиотелескопах РТ-32 и РТ-13, а также анализу полученных с помощью этой аппаратуры результатов. Возможность использования каналов МСПС для радиометрической регистрации сигналов была исследована на радиотелескопе РТ-32 и подтверждена с использованием прототипа системы. Приведено описание методики испытаний опытного образца МСПС на радиотелескопе РТ-32 и полученные при этих испытаниях результаты. Даны сведения об экспериментальных сеансах РСДБ-наблюдений с участием МСПС на радиотелескопе РТ-13, результаты которых подтвердили совместимость МСПС со штатными отечественными и зарубежными системами. Рассмотрены параметры, методика и результаты использования МСПС при проведении экспериментальных радиолокационных наблюдений Луны. После установки на радиотелескопе РТ-13 в обсерватории «Светлое» в штатном режиме МСПС участвует во всех регулярных плановых РСДБ-наблюдениях. Приведен анализ применения МСПС в таких наблюдениях начиная с сентября 2020 г. Экспериментальные исследования МСПС на радиотелескопах комплекса «Квазар-КВО» и опытная эксплуатация этой системы в обсерватории «Светлое» показали, что по своим параметрам и характеристикам МСПС превосходит использовавшиеся ранее на радиотелескопах комплекса цифровые системы преобразования сигналов Р1002М и широкополосной системы преобразования сигналов. МСПС обеспечивает преобразование сигналов как для широкополосной, так и узкополосной регистрации при РСДБ-наблюдениях, дает возможность проведения радиолокационных наблюдений Луны. Использование МСПС позволяет в

перспективе отказаться от отдельных систем регистрации для радиометрических и спектральных наблюдений. МСПС обеспечивает проведение наблюдений в различных режимах без замены аппаратуры и позволяет улучшить получаемые результаты.

22.05-01.353 **Возможность выполнения перспективных требований Радионавигационного плана Российской Федерации на трассах Северного морского пути.** *Воронов М.А., Воронов С.М. Труды Института прикладной астрономии РАН № 57.* СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 10-15. Рус.

Цель проведения исследований — оценка возможности обеспечения перспективных требований Радионавигационного плана Российской Федерации (РНП) к точности и доступности навигационных определений судов на трассах Северного морского пути (СМП). В ходе исследований осуществлена оценка доступности и точности навигационных определений при использовании: — существующих сигналов системы ГЛОНАСС, технических характеристик ее космического сегмента и функциональных дополнений, а также существующей одночастотной судовой навигационной аппаратуры потребителей (НАП) ГНСС; — перспективных технических характеристик системы ГЛОНАСС и судовой НАП. По результатам теоретических исследований показано, что: — при работе существующей судовой НАП в дифференциальном режиме требования РНП к точности навигационных определений, за исключением требований при плавании в портах, выполняются при существующих характеристиках системы ГЛОНАСС. Однако существующая инфраструктура контрольно-корректирующих станций в акватории СМП и состояние системы дифференциальной коррекции и мониторинга не обеспечивают реализацию дифференциального режима на отдельных участках СМП, включая порты Тикси и Певек; — наиболее полно требования РНП могут быть удовлетворены при реализации перспективных технических характеристик системы ГЛОНАСС. В ходе теоретических исследований предложены направления развития инфраструктуры контрольно-корректирующих станций в акватории СМП и судовой НАП. По результатам исследований сделаны выводы о том, что: — для выполнения перспективных требований РНП к точности навигационных определений необходимо в ходе развития инфраструктуры контрольно-корректирующих станций обеспечить возможности приема информации системы высокоточного определения эфемеридно-временной информации (как по сети Internet, так и по космическому каналу системы дифференциальной коррекции и мониторинга) и ее передачи потребителям, разработать и сертифицировать двухчастотную судовую НАП, использующую сигналы системы ГЛОНАСС с кодовым разделением; — для выполнения требований РНП к доступности навигационных определений в условиях преднамеренного воздействия на систему ГЛОНАСС необходимо создание резервной навигационной системы.

22.05-01.354 **Пикосекундный Nd:YAG лазер с широким рабочим температурным диапазоном (–40—+40)°С.** *Корнев А.Ф., Кацев Ю.В., Коваль В.В., Оборотов Д.О., Кучма И.Г., Митряев В.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 57.* СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 16-22. Рус.

Пикосекундные лазеры широко используются в различных промышленных и научных приложениях. Одним из таких приложений является высокоточная спутниковая лазерная дальнометрия. Современное состояние высокоточной спутниковой лазерной дальнометрии требует стабильных и надежных лазеров с короткой длительностью импульса, высокой частотой следования импульсов и высоким уровнем устойчивости к условиям окружающей среды для достижения наибольшей точности измерений. В настоящей работе представлены результаты разработки Nd:YAG лазера, построенного по схеме «задающий генератор — регенеративный усилитель — генератор второй гармоники» и предназначенного для прецизионной спутниковой локации. В качестве задающего генератора используется пикосекундный лазерный диод, работающий в режиме модуляции усиления. Регенеративный усилитель основан на двух Nd:YAG активных элементах $\varnothing 6 \times 30$ мм с торцевой диодной накачкой. В качестве генератора второй гармоники используется кристалл LBO $5 \times 5 \times 10$ со II типом фазового синхронизма. Лазер излу-

чает импульсы длительностью 35 пс на длине волны 532 нм с энергией > 2.5 мДж и стабильностью $< 2\%$ (СКО). Эффективность преобразования во вторую гармонику составила до 65%. Частота следования импульсов — 300 Гц, возможна работа на частоте до 1000 Гц. Расходимость излучения составляет 0.3 мрад по уровню интенсивности $1/e^2$ при диаметре пучка на выходе лазера 3.4 мм. Главной особенностью разработанной системы является возможность работы при температуре окружающей среды от -40 до $+40^\circ\text{C}$, что достигается за счет следующих технических решений: термостабилизация корпуса лазера при помощи жидкостного контура с использованием чиллера, а также применение системы гибких нагревателей и многослойной теплоизоляции корпуса. Лазер установлен на дальнометре «Сажень—ТМ» в обсерватории «Светлое». Короткая длительность импульса, высокая стабильность формы импульса и энергии импульса, а также возможность работы в широком диапазоне температур окружающей среды делают этот лазер востребованным инструментом для высокоточной спутниковой лазерной дальнометрии.

22.05-01.355 **Об оценке точности высокочастотного ряда всемирного времени.** *Курдюбов С.Л., Скуригина Е.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 57.* СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 23-27. Рус.

Рассмотрена проблема оценки точности временных рядов разностей UT1—UTC высокого временного разрешения при условии, что эталонные ряды заданы раз в сутки. Эта задача стала особенно актуальной в связи с появлением наблюдений для определения Всемирного времени несколько раз в сутки на регулярной основе. Для рассматриваемого высокочастотного ряда и эталонного ряда строятся сглаженные ряды путём скользкой интерполяции значений полиномами различных степеней с использованием нескольких значений ряда вокруг интерполируемой точки. Производится гармонический анализ разностей исходных рядов и интерполированных. СКО разностей оригинального и интерполированного рядов предложено в качестве оценки внутренней точности ряда. В статье использован ряд Всемирного времени, полученный в ИПА РАН в результате 1-часовых наблюдений геодезических радиоисточников (квазаров) 13-метровыми быстроповоротными радиоинтерферометрическими антеннами нового поколения (VGOS), на базе «Бадары» — «Зеленчукская». Наблюдения проводились в диапазонах S/X по программе наблюдений R 3—4 раза в сутки. Корреляционная обработка проводилась на корреляторе ИПА РАН RAS FX. Вторичная обработка выполнялась при помощи разработанного в ИПА РАН программного пакета QUASAR. Для анализа оценки точности ряда в статье использовался промежуток с февраля 2019 г. по февраль 2020 г. В качестве эталонного ряда были использованы ряд Международной службы вращения Земли и систем отсчета IERS, а именно ряд ПВЗ срочной службы IERS-finals. Было показано, что построенный в ИПА РАН высокочастотный ряд определений UT1—UTC не имеет долгопериодических разностей с международным рядом IERS-finals. Сглаженный ряд ИПА РАН согласован с рядом IERS-finals на уровне 18 мкс по СКО. Высокочастотные флуктуации ряда частично имеют гармоническую природу и могут быть обусловлены неточностью модели внутрисуточных вариаций ПВЗ.

22.05-01.356 **Текущие работы ГМЦ ГСВЧ в части определения ПВЗ.** *Пасынок С.Л., Безменов И.В., Игнатенко И.Ю., Иванов В.С., Цыба Е.Н., Жаров В.Е. Труды Института прикладной астрономии РАН № 57.* СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 28-33. Рус.

Работы по оперативному определению ПВЗ в Главном метрологическом центре Государственной службы времени, частоты и определения параметров вращения Земли (ГМЦ ГСВЧ) ведутся с момента создания ФГУП «ВНИИФТРИ» — с 1954 г. Роль ФГУП «ВНИИФТРИ» как ГМЦ ГСВЧ закреплена Постановлением Правительства РФ № 225. Также ФГУП «ВНИИФТРИ» участвует в работе ГСВЧ в качестве источника измерительных данных и Центра обработки и анализа данных. В 2020 г. сводные данные о ПВЗ формировались на основе совместной обработки девяти независимых рядов, полученных в ИПА РАН, АО «ЦНИИмаш» и ГМЦ ГСВЧ. Использование при обработке данных радиоинтерферометра на узлах колокации,

созданного ИПА РАН, позволило существенно увеличить точность определения сводных значений Всемирного времени и их прогнозирования. Оперативное формирование сводной информации о ПВЗ в результате совместной обработки всех данных о ПВЗ и оперативная передача бюллетеней потребителям осуществлялись ежедневно. Также ФГУП «ВНИИФТРИ» вносит вклад в международную и отечественные базы данных посредством передачи навигационных и измерительных данных, которые выполняются во ФГУП «ВНИИФТРИ» и его филиалах, расположенных в городах: Новосибирск, Иркутск, Хабаровск и Петропавловск-Камчатский. В ГМЦ ГСВЧ проводится ежедневная обработка результатов, полученных спутниковыми и лунными лазерными дальномерами, ГНСС- и РСДБ-измерений с целью определения ПВЗ по отдельным видам измерений. Также в ГМЦ ГСВЧ проводится ряд работ в экспериментальном режиме для совершенствования методов и средств обработки, а также анализа данных измерений различных видов. Ведутся работы по вычислению орбит, поправок часов космических аппаратов, а также обработка данных спутниковых альтиметрических измерений. Работы в части определения ПВЗ проводятся на высоком научно-техническом уровне. Для повышения точности и оперативности определения ПВЗ запланированы работы как по совершенствованию методов и средств обработки/анализа данных измерений, так и по совершенствованию оборудования измерительных пунктов. В целом настоящая статья носит информационный характер и посвящена обзору работ, выполняемых в 2020 г. и начале 2021 г. в ГМЦ ГСВЧ в части определения ПВЗ.

22.05-01.357 Совместимость аппаратуры преобразования сигналов на радиотелескопах РТ-13 и РТ-32. Федотов Л.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 57. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 34-40. Рус.

Радиотелескопы РТ-32 комплекса «Квazar-КВО» оснащены узкополосными (до 32 МГц) многоканальными системами преобразования сигналов, которые были разработаны в начале 2000-х годов и обеспечивали совместимость с аналогичными зарубежными системами. Системы, установленные на новых радиотелескопах РТ-13, существенно отличаются широкой (512 МГц) полосой пропускания цифровых каналов и позволяют компенсировать потери чувствительности радиоинтерферометра из-за сокращения размеров антенн. Современная концепция развития РСДБ (VGOS) предусматривает широкополосное преобразование и регистрацию сигналов, но предполагает совместимость с созданными ранее узкополосными системами. Для унификации аппаратуры РТ-13 в рамках этой концепции необходима совместимость систем преобразования сигналов на радиотелескопах РТ-13 и РТ-32. В течение ряда лет в ИПА РАН проводятся исследования и разработки в направлении обеспечения совместности отечественных систем преобразования сигналов. Статья посвящена обобщению результатов этих работ, анализу возникших при этом проблем и возможностей их решения. Для совместности широкополосной и узкополосной аппаратуры преобразования сигналов необходимо в каждом широкополосном канале произвольно выделять узкополосные каналы, аналогичные каналам узкополосной системы. Однако при этом естественно снижается чувствительность радиоинтерферометра из-за меньшего размера антенны РТ-13, что необходимо учитывать при планировании наблюдений. Выделение узкополосных каналов непосредственно на радиотелескопе РТ-13 позволяет в 4 раза сократить поток данных, передаваемых с радиотелескопа на коррелятор, и может осуществляться с помощью специального цифрового преобразователя, разработанного в ИПА РАН. При его создании были успешно решены проблемы устранения искажений сигналов и возможных нарушений синхронизации, связанных с цифровой обработкой широкополосных сигналов в программируемой логической интегральной схеме. Проведенные исследования позволили выявить возможность скачков фазы при полифазной фильтрации сигнала фазовой калибровки и обосновать необходимость корректного выбора частоты следования импульсов этого сигнала, если используется цифровое выделение сигналов в узких полосах из широкополосного сигнала. Результаты исследований на радиотелескопе РТ-13 указанного цифрового преобразователя потоков данных использованы при разработке новой унифицированной многофункциональной циф-

ровой системы преобразования сигналов для радиотелескопов. Она совместима с другими системами радиотелескопов РТ-13 и РТ-32 и обеспечивает проведение РСДБ-наблюдений как с широкополосной, так и с узкополосной регистрацией сигналов. Оснащение такими системами всех радиотелескопов комплекса «Квazar-КВО» позволит в максимальной степени реализовать на них совместимость аппаратуры преобразования сигналов.

22.05-01.358 Методика расчета допустимого шага дискретизации цифровой модели рельефа в зависимости от степени пересечённости местности. Яковлев А.И., Алексеев В.Ф., Медяников Д.О., Жбанов К.К. Труды Института прикладной астрономии РАН № 57. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 41-47. Рус.

Расчёт дискретности моделей рельефа необходим для оптимального расходования информационных ресурсов тех вычислительных средств, в которых используются цифровые модели рельефа. Цель исследования состояла в установлении такого шага дискретизации модели рельефа, который позволил бы восстановить функцию рельефа с требуемой точностью для любого физико-географического района. Для достижения цели исследования решено 2 задачи: выполнено районирование рельефа в зависимости от его сложности, а также рассчитаны возможные значения шага дискретизации моделей рельефа для различных исходных условий. Рассмотрены известные подходы к решению задачи дискретизации функции, в основе которых лежит теорема В.А. Котельникова. Выявлено, что исходными данными для расчёта дискретизации функции являются её статистические характеристики (дисперсия и радиус корреляции). Экспериментально исследованы статистические характеристики различных форм рельефа. Установлено, что дисперсия рельефа подчиняется закону равномерного распределения, а радиус корреляции может изменяться в широких пределах. Выполнен расчёт диапазонов значений дисперсии для всех типов рельефа и назначен возможный интервал значений радиусов корреляции. В результате с использованием известных подходов рассчитаны значения шага дискретизации цифровых моделей рельефа в зависимости от степени пересечённости местности и требуемой точности восстановления функции высоты. Различные подходы дали схожие результаты. На основании расчётов данных предложено установить фиксированный ряд дискретности моделей рельефа (45, 20, 13, 10 и 5 м), соответствующий пяти типам рельефа, которые классифицированы по диапазонам дисперсии.

22.05-01.359 Модернизированное устройство съёма угловых координат РТ-32. Быков В.Ю. Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 3-10. Рус.

Устройство съёма угловых координат (УСУК) обеспечивает съём данных об угловом положении радиотелескопа с первичных датчиков угла. УСУК входит в состав системы наведения антенной системы радиотелескопа РТ-32 и во многом определяет её точностные характеристики. Действующее УСУК главного зеркала было установлено более 10 лет назад, УСУК вторичного зеркала (контррефлектора) (УСУК КР) — более 17 лет назад. УСУК имеет следующие основные характеристики, определяющие точность измерения угловых координат: разрешение измерения угловой координаты главного зеркала 20 бит, контррефлектора — 14 бит; амплитуда характеристики нелинейности индуктосинов — (20–40)'' частота обновления координат — 35 Гц. Указанные параметры удовлетворяют требованиям по точности при наблюдениях на основных рабочих длинах волн радиотелескопа РТ-32, однако для успешных наблюдений на более коротких длинах волн требуется улучшение указанных параметров. Необходимо увеличить разрешение измерения координат для обоих зеркал, уменьшить амплитуду характеристики нелинейности индуктосина и увеличить частоту измерения координат. В последние годы проведены исследования особенностей работы УСУК. Выявлены недостатки схемотехнических решений, ограничивающие реализацию потенциальной точности измерения координат с помощью штатных датчиков угла радиотелескопа РТ-32, и проработаны пути их устранения. Полученные результаты позволили провести глубокую модернизацию аппаратно-программных средств УСУК и УСУК КР. В результате модернизации УСУК и УСУК КР достигнуты сле-

дующие основные характеристики: разрешение измерения угловой координаты увеличено до 24 бит для основного зеркала и до 16 бит для вторичного; уменьшена амплитуда характеристики нелинейности индуктосинов до $(7-10)''$; частота измерения координат увеличена до 125 Гц. Модернизированные УСУК и УСУК КР установлены на все радиотелескопы РТ-32 РСДБ-комплекса «Квazar-KBO».

22.05-01.360 Метод натуральных измерений профиля интенсивности излучения в зоне космического аппарата для спутникового лазерного дальномера наземного базирования. *Бурмистров Е.В., Елантьев И.А., Кононаева С.А., Мурзин А.О. Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 11-16. Рус.*

Поводом для настоящей работы послужила идея д.т.н. Васильева В. П., высказанная в частной беседе, о проведении эксперимента по локации космического аппарата в пролетном режиме: опорно-поворотное устройство неподвижно, выставлено в упреждающую точку траектории, лоцируемый объект проходит диаграмму направленности излучения в процессе сеанса лазерной дальнометрии. Система наведения, лишённая углового шума, обеспечит соответствие плотности ответов в центре диаграммы излучения энергетическому расчёту. Задача решена осреднением статистики, накапливаемой в серии последовательных пролетов. Основная цель работы — реализация пролетного режима локации на серийном изделии. Экспериментальная часть работы проводилась на станциях «Сажень-ТМ», при этом первые статистически значимые сеансы накоплены в обсерватории «Светлое». Методика формирования программы движения состояла в интерполяции угловых целеуказаний и масштабирования времени; прогноз дальности оставался без изменений. Интервал обнаружения полезного дальнометрического сигнала от КА ГЛОНАСС составил 10 с, что соответствует времени 5 последовательных пролетов. Соотношение сигнал/шум при этом снизилось пропорционально доле пролетных участков от общего времени проводки (8—15%), что не мешало уверенному детектированию сигнала в дневном режиме локации. Тут использовано обстоятельство, что на этапе проектирования системы «Сажень-ТМ» заложено соотношение сигнал/шум исходя из необходимости получения несмещённых оценок дальности, что существенно выше порогового значения сигнал/шум, требуемого для детектирования сигнала и в этом параметре есть запас. Реализация идеи пролетного режима привела к созданию инструмента — метода натуральных измерений распределения интенсивности излучения по сечению лазерного пучка в зоне орбиты космического аппарата пропорционально темпу отраженных сигналов, регистрируемых в одноэлектронном режиме локации при прохождении космическим аппаратом зоны излучения. Искомый профиль интенсивности излучения есть результат построения плотности распределения моментов дальнометрических событий по их реализации в серии центральных пролетов с приведением размерности аргумента к угловым координатам пропорционально угловой скорости космического аппарата вдоль проводки.

22.05-01.361 Экспериментальные исследования сверхширокополосного аналого-цифрового преобразователя для радиоастрономической аппаратуры. *Гренков С.А., Крохалев А.В., Федотов Л.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 17-23. Рус.*

Современные системы приема и преобразования радиоастрономических сигналов на радиотелескопах развиваются в сторону расширения рабочей полосы частот и максимального использования цифровых методов обработки сигналов. Использование в таких системах сверхширокополосных аналого-цифровых преобразователей (АЦП) позволяет отказаться от большей части аналоговых устройств в сигнальном тракте радиотелескопа, исключив их известные недостатки. Прямое цифровое преобразование сигналов в диапазонах частот L, S, S и X, которые часто используются в радиоастрономических наблюдениях, а также в диапазоне 2—14 ГГц в соответствии с концепцией VGOS, требует АЦП с рабочей частотой дискретизации сигналов порядка 20 ГГц и выше. Одним из коммерчески доступных АЦП, способных работать с такой тактовой частотой, является микросхема HMCAD5831 фирмы Hitrite

Microwave. Поиск путей использования таких АЦП для создания цифровых радиоастрономических систем требует экспериментального исследования характеристик указанной микросхемы с учетом специфики преобразования широкополосных радиоастрономических сигналов. Рассмотрены параметры, структура и особенности работы указанной микросхемы. Для исследования сверхширокополосного АЦП была разработана и изготовлена экспериментальная установка на основе отладочной платы с HMCAD5831 и платы цифровой обработки сигналов на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС) XC7K325T. Дано описание методики исследования основных характеристик сверхширокополосного АЦП: характеристики преобразования сигнала, амплитудно-частотной характеристики, дифференциальной нелинейности преобразования. Приведены результаты измерения указанных характеристик, а также спектры гармонического и широкополосного шумового сигналов после их преобразования в исследуемом АЦП. Показано, что существенное значение для обеспечения корректной работы сверхширокополосного АЦП имеют точность установки и стабильность опорных напряжений, а также взаимная синхронизация портов, на которые поступают выходные данные АЦП. С этим связаны основные трудности использования микросхемы HMCAD5831 в радиоастрономической аппаратуре. Исследования показали, что АЦП HMCAD5831LP9BE обеспечивает стабильное и точное преобразование широкополосных сигналов в 3-разрядные коды с тактовой частотой дискретизации до 16 ГГц. Увеличение тактовой частоты до 20 ГГц и более требует специального проектирования, а также тщательного и высокоточного изготовления печатной платы для микросхемы АЦП и всех сопутствующих устройств. АЦП этого класса можно использовать в радиоастрономии. Как гармонические, так и шумовые сигналы могут быть успешно оцифрованы, введены в ПЛИС и методами многопоточной обработки данных преобразованы в нужную форму, что вполне возможно на базе ресурсов современных ПЛИС. Основной трудностью при этом будет недостаточная доступность микросхем сверхвысокочастотных АЦП даже в коммерческом исполнении в условиях торговых санкций.

22.05-01.362 Система автономной навигации для малых космических аппаратов в составе кластера. *Данилова Т.В., Архипова М.А., Маслова М.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 24-29. Рус.*

Цель исследования — разработка астрономической системы автономной навигации для малых космических аппаратов, которые входят в состав орбитальной группировки, называемой кластером, при условии наличия в кластере аппарата-лидера, оценки орбиты которого известны с высокой точностью. Функционирование системы основано на визировании в оптико-электронном приборе аппарата-лидера. Основные решаемые задачи: формирование комплекса измерителей (оптико-электронных приборов), разработка навигационной вектор-функции и соответствующей градиентной матрицы, определение условий функционирования системы, при которых точность формируемых навигационных определений достигает уровня точности визируемого аппарата-лидера. Основные методы исследования — метод наименьших квадратов и имитационное моделирование. В процессе создания имитационной модели функционирования системы автономной навигации решаются следующие вопросы: во-первых, обеспечивается решение навигационной задачи с итерационной обработкой результатов измерений по методу наименьших квадратов и формированием множества показателей точности навигационных определений; во-вторых, разрабатываются оригинальные алгоритмы, определяющие метод навигации, к которым прежде всего относится формирование векторов измеренных и расчетных значений навигационных параметров и соответствующей градиентной матрицы. С применением разработанной имитационной модели исследованы два вида кластеров низкоорбитальных космических аппаратов, для каждого из которых сформировано множество условий, обеспечивающих апостериорную точность сформированного навигационного поля на уровне погрешностей оценок орбиты аппарата-лидера. Приведены результаты показали высокие точностные характеристики рассматриваемой системы навигации, а следовательно, и возможность ее применения

в бортовых комплексах управления малыми космическими аппаратами в составе кластера.

22.05-01.363 Vision — программное обеспечение для визуализации результатов корреляционной обработки РСДБ-данных. *Зорин М.С., Кумейко А.С., Кен В.О.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 30-35. Рус.

После проведения корреляционной обработки РСДБ-данных возникает необходимость анализа полученных результатов. При этом форму корреляционного отклика, его основные параметры и спектральные характеристики сигнального тракта удобно представлять в графическом виде. На сегодняшний день существуют программы постпроцессорной обработки, с помощью которых можно осуществлять вычисление параметров корреляционного отклика, однако они не дают наглядного представления о внешнем виде отклика и стабильности его параметров в течение времени наблюдения. После использования таких программ пользователю требуется дополнительно производить визуализацию результатов и, в случае необходимости, оценку флуктуаций параметров. Целью данной работы являлось создание многофункционального программного обеспечения (ПО), позволяющего создавать удобные графические отчеты по результатам корреляционной обработки РСДБ-наблюдений на корреляторе RASFX. В процессе достижения этой цели при разработке ПО на языке Python использовался аппарат математического анализа для осуществления вычислений параметров корреляционного отклика и их последующей визуализации. Результатом работы является разработанное авторами ПО Vision, предназначенное для создания отчетов по результатам обработки РСДБ-наблюдений на корреляторе RASFX. Vision осуществляет чтение выходных данных коррелятора RASFX, вычисление параметров корреляционного отклика: задержки в корреляционном окне, частоты интерференции, отношения сигнал-шум и оценку флуктуаций параметров отклика внутри отдельных сканов сеансов наблюдений. Итог работы Vision — построение изображений и графиков измеренных характеристик и представление их в виде PDF-отчета по сеансу наблюдений. Отчеты включают в себя все построенные графики и вычисленные значения для каждого частотного канала всех сканов сеанса наблюдений. Также в Vision реализована возможность создания отчетов по результатам синтеза частотных каналов. Создаваемые отчеты могут использоваться для анализа результатов корреляционной обработки РСДБ-данных по всему сеансу наблюдений или для представления конкретных интересующих результатов по отдельным сканам.

22.05-01.364 Некоторые методы повышения точности компенсации фазовой нестабильности при передаче сигналов частоты и времени. *Кобяков Р.С., Новожилов Р.Н., Писарев И.А., Желов А.В., Медведев С.Ю.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 36-40. Рус.

Нестабильность частоты выходных сигналов водородных стандартов частоты и времени (СЧВ) на суточном интервале времени измерений имеет величину порядка $2 \cdot 10^{-16}$. При передаче потребителю эти сигналы приобретают дополнительные фазовые возмущения, величина которых зависит от температурных коэффициентов изменения фазы, входящих в систему передачи оптических и коаксиальных кабелей, лазерных и фотодиодов, распределительных усилителей сигналов и т. д. Вклад электронных составляющих системы передачи в итоговую фазовую нестабильность достигает 50 пс/°С. Чтобы сохранить нестабильность частоты сигнала на приёмном конце линии передачи, близкой к нестабильности частоты выходных сигналов СЧВ, необходимо, чтобы вносимые этой системой передачи вариации фазовой задержки не превышали 1 пс. В статье рассмотрены описанные в литературе пути снижения вносимой фазовой нестабильности переданного потребителю сигнала СЧВ: снижение температурных коэффициентов изменения фазы, термостатирование, компенсация. Описаны их ограничения. Точность и скорость термостатирования ограничивается габаритами устройств. Точность компенсации фазовой нестабильности ограничивается элементами системы передачи, не охваченными петлёй компенсации. Для преодоления этих ограничений предлагается модем, разработанный авторами. В моде-

ме добавлен и апробован новый алгоритм стабилизации температуры измерительных каналов компенсатора. Стабилизация температуры измерительных каналов достигается за несколько секунд с точностью 0.1° . Интерфейс модема позволяет включить в петлю компенсации внешний изолирующий усилитель. Представлена схема такого подключения. В условиях обогрева и охлаждения с размахом 20° корпусов передающего модема и внешнего усилителя, расположенного на стороне принимающего модема, нестабильность частоты, вносимая системой передачи с внешним усилителем на интервале времени измерений 10000 с, достигла величины менее: — $3.4 \cdot 10^{-16}$ при включении внешнего усилителя вне петли компенсации; — $3.2 \cdot 10^{-17}$ при включении внешнего усилителя внутри петли компенсации. При этом в разработанном модеме фронт импульсного сигнала 1 PPS на приёмном конце линии привязан к сигналу 100 МГц, поэтому компенсация нестабильности частоты сигнала 100 МГц позволяет также поддерживать синхронизацию импульсных сигналов между входом передающего и выходом принимающего модема.

22.05-01.365 Пикосекундные Nd:YAG лазеры с субжоулевым уровнем энергии для лунной лазерной дальнометрии. *Корнев А.Ф., Балмашов Р.В., Коваль В.В.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 41-50. Рус.

Представлено сравнение двух схем мощных пикосекундных лазерных усилителей с субжоулевым уровнем выходной энергии, работающих на частоте следования импульсов 200 Гц, которые могут быть использованы в лунной лазерной дальнометрии: (1) однокаскадная шестипроходовая на активном элементе Nd:YAG $\varnothing 15 \times 140$ и (2) двухкаскадная двухпроходовая на двух активных элементах Nd:YAG $\varnothing 15 \times 140$ мм и $\varnothing 10 \times 140$ мм. В работе приведены основные экспериментальные результаты испытаний и сравнение схем. Выходная энергия импульсов излучения 1064 нм в схемах (1) и (2) составила 0.53 Дж и 0.92 Дж, длительность импульсов — 81 пс и 71 пс соответственно. Выходная энергия схемы (2) была ограничена эффектом мелкомасштабной самофокусировки. Выходное излучение в каждой схеме было преобразовано во вторую гармонику с помощью кристалла LBO. Эффективность генерации второй гармоники в схемах (1) и (2) составила 54 и 79% соответственно. Энергия излучения на длине волны 532 нм составила 286 мДж и 730 мДж в схемах (1) и (2) соответственно. Выходная энергия схемы (2) была ограничена эффектом мелкомасштабной самофокусировки. Обе разработанные схемы обладают высокой стабильностью формы импульса, высокой выходной энергией и высокой частотой следования импульсов. Однокаскадная схема (1) имеет меньшую себестоимость за счет использования одного каскада усиления, но является более сложной. Энергия импульса на выходе усилителя (1) достаточна для использования его в лунной лазерной дальнометрии. Схема (2) устойчива к разбюстировкам, в ней проще компенсировать термически наведенное двулучепреломление и нестационарные искажения волнового фронта. Схема (2) позволяет получить более высокую равномерность распределения интенсивности излучения в ближнем поле и меньшую расходимость излучения. Значения выходной энергии на длинах волн 1064 нм и 532 нм, которые получены в схеме (2), являются рекордными для данного класса лазеров.

22.05-01.366 Построение ряда всемирного времени из комбинирования результатов обработки часовых сессий РСДБ-наблюдений по программе IVS Intensive. *Миронова С.М., Курдубов С.Л., Галзов И.С.* Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 51-56. Рус.

Построен комбинированный ряд оценок всемирного времени с использованием результатов обработки часовых сеансов РСДБ-наблюдений по программе IVS Intensive за 2015–2020 гг. Для построения комбинированного ряда были собраны результаты обработки РСДБ наблюдений в формате SINEX файлов, полученные различными центрами анализа. Ряд SINEX файлов центра анализа ИПА РАН был получен с помощью программы QUASAR. SINEX файлы различных центров анализа были скомбинированы с использованием программы SINCOM на уровне нормальных уравнений. Выполнено сравнение комбини-

рованного ряда всемирного времени и рядов рассматриваемых центров анализа (индивидуальных рядов) с эталонными рядами Международной службы вращения Земли и систем отсчета (IERS). В качестве эталонных реализаций использовались долгосрочный ряд C04 IERS, и оперативный ряд «fnals», создаваемый срочной службой IERS в центре анализа USNO. На рассматриваемом интервале комбинированный ряд хорошо согласуется с опорными рядами C04 и «fnals»: среднеквадратические отклонения от опорных рядов C04 и «fnals» равны 23 и 19 мкс соответственно.

22.05-01.367 О расширении функциональных возможностей НАП СРНС при работе по двум спутниковым системам. Бабуров В.И., Васильева Н.В., Иванцевич Н.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 3-8. Рус.

Спутниковые радионавигационные системы (СРНС) в настоящее время используются в различных направлениях человеческой деятельности, в том числе в области движения транспортных средств. В силу глобальности и непрерывности навигационных полей спутниковых систем второго поколения, использующих средневысокие орбиты, они перспективны для навигации летательных аппаратов различного назначения, от воздушных судов до космических аппаратов и малых беспилотных летательных аппаратов. В этих применениях реализуются как штатные, так и нештатные варианты использования навигационных полей СРНС. К штатному использованию навигационного поля относится функционирование навигационной аппаратуры потребителя СРНС при условиях, оговоренных в интерфейсных документах на эти системы. В этих ситуациях должны обеспечиваться точности навигационных определений, зафиксированные в этих документах. Однако при эксплуатации воздушных судов, космических аппаратов, беспилотных летательных аппаратов и других объектов возникают нештатные ситуации, такие как затенения отдельных областей окружающего потребителя пространства, например горами, постройками или искусственными препятствиями; работа в условиях крена, тангажа воздушного или качки морского судна; наличие отражений от подстилающей и других отражающих поверхностей и другие нештатные ситуации. Некоторые из перечисленных ситуаций могут быть преодолены, если использовать информационную избыточность навигационного поля, создаваемого двумя СРНС, например, ГЛОНАСС + GPS, ГЛОНАСС + BeiDou и в других сочетаниях СРНС. Кроме того, при одновременном использовании навигационных полей двух СРНС появляется возможность для упрощения алгоритмов обработки информации при дифференциальных (относительных) местоопределениях за счёт реализации метода передачи дифференциальных поправок по координатам, а не по псевдодалностям. В статье анализируется состав рабочих созвездий навигационных спутников ГЛОНАСС + GPS, оценивается информационная избыточность рабочих созвездий спутников при штатном и различных вариантах нештатного использования навигационного поля; проводится сравнение с аналогичными характеристиками систем ГЛОНАСС и GPS при стандартных и относительных местоопределениях. Результаты получены методом имитационного математического моделирования и представлены в виде таблиц, содержащих параметры распределений числа НИСЗ в рабочих созвездиях и геометрических факторов, при различных ограничениях, соответствующих нештатным ситуациям. Полученные результаты могут быть полезны при оценке точности и надёжности навигационно-временных определений бортовыми навигационно-посадочными комплексами летательных аппаратов различного назначения в сложных условиях выполнения полётов.

22.05-01.368 Когерентное суммирование сигналов водородных стандартов частоты для повышения точности РСДБ-измерений. Вытнов А.В., Мишагин К.Г., Поляков В.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 9-13. Рус.

В РСДБ точность измерений существенно зависит от нестабильности частоты опорного сигнала атомных часов. Наличие нескольких активных водородных стандартов в радиоастрономических обсерваториях комплекса «Квazar-КВО» даёт возможность использовать когерентное суммирование независи-

мых сигналов с целью получения сигнала с уменьшенной нестабильностью частоты и уменьшенным фазовым шумом. Уменьшение кратковременной нестабильности частоты по сравнению с характеристиками отдельных водородных стандартов представляется наиболее актуальным для радионтерферометрических измерений в перспективном миллиметровом диапазоне длин волн. В работе представлено описание некоторых экспериментов, проведенных в радиоастрономических обсерваториях «Светлое», «Зеленчукская», а также в ЗАО «Время-Ч» по когерентному суммированию на пассивных элементах сигналов активных водородных стандартов. Частоты стандартов автоматически подстраивались либо взаимно, либо относительно одного из стандартов, участвующих в сложении, на основе данных измерений в многоканальном компараторе. При однонаправленной автоподстройке постоянная времени петли выбиралась больше максимального интервала времени измерения, на котором ожидалось получить уменьшение нестабильности суммарного сигнала. Оценка нестабильности частоты суммарного сигнала и отдельных суммируемых сигналов производилась с помощью измерений относительно независимого активного водородного стандарта. Результаты экспериментов демонстрируют ожидаемые значения уменьшения нестабильности частоты, которые объясняются усреднением флуктуаций фазы при сложении близких по характеристикам независимых источников. Показано, что при суммировании сигналов двух водородных стандартов Ч1-1035 удается достичь нестабильности частоты $4 \cdot 10^{-14}$ при интервале времени измерения 1 с в шумовой полосе 3 Гц, при суммировании сигналов четырех таких стандартов получается нестабильность частоты порядка $3 \cdot 10^{-14}$. Также представлены результаты измерения кратковременной нестабильности частоты и спектральной плотности мощности фазовых шумов новых водородных стандартов частоты с двойной сортировкой атомов, демонстрирующие перспективы дальнейшего улучшения характеристик. Оценка нестабильности частоты одного такого стандарта составила $3.8 \cdot 10^{-14}$ при интервале времени измерения 1 с в полосе 0.5 Гц. Суммирование двух сигналов 5 МГц позволяет уменьшить уровень шума на 3 дБ и получить значение спектральной плотности мощности фазового шума -133 дБн/Гц при отстройке от несущей на 1 Гц.

22.05-01.369 Адаптивное формирование выборки измерений аппаратуры спутниковой навигации высокоорбитального космического аппарата. Скорыгина Г.В., Доронкин А.В. Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 14-18. Рус.

С 2017 г. в АО «Корпорация «Комета» ведётся разработка аппаратуры спутниковой навигации для высокоорбитальных космических аппаратов (КА). Алгоритмы определения положения и скорости КА для такой аппаратуры должны работать в разрывном навигационном поле при малом числе одновременно видимых навигационных спутников и медленном изменении взаимного расположения навигационных спутников и КА. Указанные обстоятельства часто приводят к плохой обусловленности задачи обработки измерений аппаратуры спутниковой навигации. В комплексе алгоритмов для вышеупомянутой аппаратуры спутниковой навигации задача определения вектора положения и скорости КА решается в несколько этапов: получение начального приближения, накопление сглаженных измерений, формирование нормального места, обработка нормальных мест. Наиболее трудным с вычислительной точки зрения является этап формирования нормального места, на котором с помощью метода наименьших квадратов обрабатываются сглаженные измерения. Чтобы избежать плохой обусловленности в задаче формирования нормального места, используется алгоритм адаптивного формирования выборки. В его основе лежит оценка обусловленности решаемой задачи при каждом поступлении новых сглаженных измерений. Алгоритм обработки запускается только в том случае, если задача оказывается хорошо обусловленной. В отличие от специальных методов решения плохо обусловленных задач алгоритм адаптивного формирования выборки измерений не требует большого объёма дополнительных вычислений и сложного анализа их результатов. При его применении автоматически определяется величина интервала накопления сглаженных измерений для формирования нормального места. По результатам моделирования использование этого алгоритма обеспечивает сходимость алгоритма формирования

нормальных мест примерно в 98 процентах случаев, позволяя получить оценку вектора положения и скорости КА с необходимой точностью.

22.05-01.370 Развитие геоцентрической системы координат Республики Узбекистан. Фазилова Д.Ш., Махмудов М.Д., Халимов Б.Т. Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 19-25. Рус.

К настоящему моменту на большей части территории Республики Узбекистан с развитой инфраструктурой построена спутниковая геодезическая сеть (СГС), базирующаяся на измерениях ГНСС, включающая сеть референционных геодезических пунктов, спутниковую геодезическую сеть нулевого класса (СГС-0) и спутниковую геодезическую сеть первого класса (СГС-1). Значительные улучшения в технологии позиционирования, позволяющие определять координаты на сантиметровом уровне точности, ведут к постановке задачи модернизации системы координат страны для постоянно расширяющейся базы пользователей в сфере геодезии, картографирования, проектирования, сельского хозяйства и других областей. Одно из направлений исследований — создание полудинамической системы координат, в которой заданы координаты на определенную эпоху и известна модель современных тектонических движений земной поверхности. Целью данной работы является определение локального поля горизонтальных скоростей движений земной коры региона. Данные наблюдений GPS-пунктов за период 2005—2018 гг. обрабатывались с помощью пакета программ GAMIT/GLOBK v.10.71. Анализ включал три основных шага: оценку координат и скоростей станций с использованием суточных фазовых измерений и стандартных моделей, рекомендованных IERS Conventions (2010), (IERS conventions, 2010), привязку региональной сети к глобальной системе отсчета ITRF2014 (Altamimi, 2016) с помощью фильтра Кальмана и определение локальных смещений относительно «стабильной» Евразийской плиты с использованием угловой скорости вращения плиты по ITRF2014. Ошибка повторяемости горизонтальных координат получена на уровне 1.0—3.2 мм и 3.2—6.5 мм для высоты. Общее движение пунктов относительно Евразийской плиты в ITRF2014 составило около 27 мм/год на северо-восток. Построено локальное поле векторов горизонтальных скоростей. Значения скоростей в регионе находятся в диапазоне от 2.3—11.0 мм в год. Причем зоны максимальных смещений расположены вдоль Западного Тянь-Шанского линеймента и в Ферганской долине.

22.05-01.371 Опыт эксплуатации распределенного кластерного хранилища vSAN в ИПА РАН. Яковлев В.А., Безруков И.А., Сальников А.И. Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 26-29. Рус.

Технология виртуальных машин на базе VMware используется в ИПА РАН с 2009 г. Виртуальные машины применялись как для вторичной обработки данных РСДБ-наблюдений, так и в качестве серверов буферизации в режиме e-РСДБ. По мере развития информационной сети ИПА РАН многие служебные сервисы, такие как почтовый сервер или веб-сервер, были перемещены с физических серверов на виртуальные машины. Возникла необходимость обеспечить бесперебойную работу этих сервисов или минимизировать время простоя в случае отказа оборудования или проведения профилактических работ. С 2014 г. в ИПА РАН использовались два сервера виртуальных машин на двух географически разнесенных площадках. Однако единой точкой отказа оставалось сетевое файловое хранилище. В 2020 г. было принято решение внедрить технологию распределенного кластерного хранилища vSAN для решения этой проблемы. В статье представлено описание технологии миграции инфраструктуры виртуальных машин на новое хранилище, проанализированы преимущества и недостатки этой технологии, сделаны выводы и описан практический опыт после одного года использования vSAN.

22.05-01.372 К столетнему юбилею организации Вычислительного института и выпуска русского «Астрономического ежегодника». Шор В.А. Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН. 2021, с. 30-53. Рус.

Представлена история создания и развития эфемеридного обеспечения больших и малых тел Солнечной системы для нужд астрометрии, наземной, морской и космической навигации. Изложение ведется на фоне сопутствующих астрономических событий и событий в жизни институтов, в которых осуществлялась эфемеридная служба. Выделены основные этапы развития Института теоретической астрономии (ИТА). В 1919—1945 гг. происходит становление эфемеридной астрономии в России. Этот этап завершается созданием в 1943 г. ИТА АН СССР (далее ИТА) и возвращением Института в Ленинград после эвакуации в Казань во время Великой Отечественной войны. Следующий этап 1945—1964 гг. неразрывно связан с директорством М. Ф. Субботина. В это время в ИТА пришли молодые сотрудники — выпускники Ленинградского, Московского, Казанского, Томского, Харьковского университетов. В этот же период времени запущен первый в мире советский искусственный спутник Земли, проведены первые эксперименты по применению ЭВМ для решения задач эфемеридной астрономии. Очередной этап 1965—1975 гг. в жизни ИТА связан по времени с директорством Г.А. Чеботарёва. Этот этап совпал по времени с развитием космических исследований и появлением новых высокоточных радиолокационных и лазерных методов наблюдений небесных тел. Новые методы наблюдений потребовали предвычисления положений тел с более высокой точностью. В 1976—1988 гг. под руководством нового директора ИТА С. С. Лаврова возможности Института в области системного программирования и вычислительной техники значительно возросли. Были приобретены ЭВМ БЭСМ-6, а затем и ЭВМ «Эльбрус». В этот период был решен ряд проблем ИТА, в частности автоматизация набора ежегодников, подготавливаемых в Институте. В период 1988—1998 гг. Институт начинает интенсивно заниматься проблемой астероидно-кометной опасности. Этот период стал последним в истории ИТА. В 1998 г. ИТА был присоединен к Институту прикладной астрономии Российской академии наук (ИПА РАН). С этого момента начинается новый этап развития отечественной эфемеридной службы, теперь уже в составе ИПА РАН, решающего круг задач, связанных с высокоточным координатно-временным обеспечением страны на основе наблюдений с использованием радиоинтерферометрических средств наблюдений комплекса «Квазар-КВО» и других современных средств. Содержание данной статьи близко к недавно опубликованной статье того же автора на английском языке: «Twentieth-century milestones in the history of the Russian ephemeris service: Marking 100 years of the Calculation Institute and astronomical yearbook», Journal for the History of Astronomy, Vol. 52, Issue 3, 2021.

22.05-01.373 О возможности прямого детектирования излучения микролинзы MOA-2011-BLG-191/OGLE-2011-BLG-0462 — вероятной черной дыры. Чмырева Е.Г., Бескин Г.М. Астрофизический бюллетень. 2022. 77, № 3, с. 250-257. Рус.

Обсуждаются наблюдательные проявления одиночной черной дыры звездной массы — микролинзы MOA-2011-BLG-191/OGLE-2011-BLG-0462, недавно обнаруженной с помощью телескопа им. Хаббла. Известные величины параметров этого объекта применяются для вычисления значений плотности, температуры и скорости звука межзвездной среды в месте его локализации, кроме того, выполнены оценки скорости микролинзы. Получены темп аккреции, светимость объекта и его теоретический спектр. Используя полученный спектр, мы рассматриваем возможность прямого детектирования излучения этого объекта в различных диапазонах частот с помощью инструментов, существующих в настоящее время, и будущих наблюдательных миссий.

22.05-01.374 Одновременные наблюдения ультраяркого рентгеновского источника Holmberg II X-1 в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах с помощью индийской космической миссии AstroSat. Винокуров А., Атапин К., Бордолои О.П., Саркисян А., Кашияп Ю., Чакрабурти М., Раджа П.Т., Костенков А., Соловьева Ю., Фабрика С., Сафонова М., Гогои Р., Сутариа Ф., Мурти Дж. Астрофизический бюллетень. 2022. 77, № 3, с. 258-275. Рус.

Представлены результаты восьми одновременных наблюде-

ний в ультрафиолетовом (УФ) и рентгеновском диапазонах сильно переменного ультраяркого рентгеновского источника (ultraluminous X-ray source, ULX) Holmberg II X-1, выполненных с помощью AstroSat — индийского космического спутника, работающего в нескольких диапазонах длин волн. В течение всего периода наблюдений с конца 2016 г. по начало 2020 г. Holmberg II X-1 показал умеренную рентгеновскую светимость около $8 \cdot 10^{39}$ эрг с^{-1} и жесткий степенной спектр с $\Gamma \leq 1.9$. Продемонстрированная объектом в наблюдениях AstroSat низкая амплитуда вариаций рентгеновского потока (около 50% от величины минимального потока) и незначимая переменность в УФ-диапазоне (верхний предел примерно 25%) не позволили надежно обнаружить корреляцию между изменениями потоков в этих диапазонах. При этом в пределах каждого конкретного наблюдения амплитуда рентгеновской переменности оказалась более высокой, достигая фактора 2—3 относительно среднего уровня, однако она наблюдается в виде относительно коротких стохастических всплесков. Полученные результаты были рассмотрены с точки зрения трех моделей: прогретых рентгеновским излучением фотосферы звезды-донора, диска и ветра. Мы также оценили нижний предел переменности объекта в рентгеновском диапазоне, который позволил бы отвергнуть хотя бы некоторые из перечисленных моделей.

22.05-01.375 Параметры переменности радиоизлучения и широкодиапазонных спектров инфракрасных галактик с источниками гидроксильного мегамазерного излучения и без них. *Сотникова Ю.В., Муфазаров Т.В., Мизайлов А.Г., Столяров В.А., Ву Ч.Ц., Мингалев М.Г., Семенова Т.А., Эркенев А.К., Бурсов Н.Н., Удовецкий Р.Ю.* *Астрофизический бюллетень*. 2022. 77, № 3, с. 276-292. Рус.

исследуется переменность радиоизлучения инфракрасных галактик с источниками гидроксильного мегамазерного излучения (ОНМ) и без них (контрольная выборка). Предположительно, излучение в радиоконтинууме существенным образом влияет на яркость мегамазерного излучения, поэтому такая характеристика, как переменность радиоизлучения, является важной для определения параметров подобных галактик. С использованием результатов одновременных измерений, выполненных на радиотелескопе РАТАН-600 на частотах 2.3, 4.7, 8.2 и 11.2 ГГц в 2019—2022 гг., и данных, взятых из литературных источников, переменность галактик оценена на шкале времени до 34 лет. Медианные значения индекса переменности на 4.7 ГГц для выборки 48 ОНМ-галактик находятся в интервале 0.08—0.17, а для контрольной выборки 30 галактик — 0.08—0.28. Для отдельных галактик в обеих выборках переменность спектральной плотности потока достигает значений 0.30—0.50. Такие галактики, как правило, ассоциируются с АЯГ, либо в них присутствует область активного звездообразования. Переменность радиоизлучения галактик с ОНМ-излучением и без него сопоставима по порядку величины и носит умеренный характер на длительных масштабах времени. В результате оценки параметров спектрального распределения энергии в широком диапазоне частот (от МГц до ТГц) определен спектральный индекс (на частотах до 50 ГГц) и цветовой температура излучения пылевых компонент для ОНМ-галактик и галактик контрольной выборки. На уровне $\rho < 0.05$ не обнаружено статистически значимых различий в распределении этих параметров, равно как и статистически значимых корреляций между цветовой температурой пыли и индексом переменности и светимостью в линии ОН.

22.05-01.376 О синхронизации компонентов двойных систем. *Романюк И.И., Моисеева А.В., Семенов Е.А., Якунин И.А., Кудрявцев Д.О.* *Астрофизический бюллетень*. 2022. 77, № 3, с. 293-300. Рус.

Рассматриваются две классические теории Ж. П. Зана и Ж.-Л. Тассуля синхронизации компонентов двойных систем на главной последовательности. Масштабы времен синхронизации, предсказанные этими теориями, значительно различаются. В рамках данного исследования оцениваются времена и вероятности синхронизации для набора модельных звезд спектральных типов O—G и проводится сравнение с результатами для современного наблюдательного материала из каталога разделенных затменных двойных систем Г. Торреса. Для каждого

из объектов каталога вычисляется максимальный период осевого вращения и сравнивается с известным орбитальным периодом. Затем на основании упомянутых выше теоретических оценок делается вывод о синхронизации каждой из систем. Выявлено, что теория Зана, предлагающая более длинную шкалу времен синхронизации, лучше описывает наблюдательные данные, чем теория Тассуля. Результаты этого анализа будут востребованы для оценки вероятности синхронизации двойных систем. К.

22.05-01.377 Результаты измерений магнитных полей на БТА. VIII. Наблюдений 2014 года. *Пахомова П.В.* *Астрофизический бюллетень*. 2022. 77, № 3, с. 300-322. Рус.

Представлены результаты измерений магнитного поля 74 звезд, наблюдения которых проводились в 2014 году. Выборка объектов состоит из химически пекулярных звезд и звезд-стандартов. Наблюдения выполнялись на 6-м телескопе БТА САО РАН с использованием Основного звездного спектрографа (ОЗСП). При анализе спектров циркулярно-поляризованного излучения у звезд HD 168481, HD 184961, HD 187128, HD 214923 впервые обнаружено магнитное поле.

22.05-01.378 Детальная спектроскопия post-AGB-сверхгиганта GSC 04050 02366 в системе ИК-источника IRAS Z02229+6208. *Клочкова В.Г., Панчук В.Е.* *Астрофизический бюллетень*. 2022. 77, № 3, с. 323-332. Рус.

В оптических спектрах холодного post-AGB сверхгиганта GSC 04050 02366, полученных на 6-м телескопе БТА с разрешением $R \geq 60\,000$ в произвольные даты 2019—2021 гг., найдена переменность лучевой скорости: гелиоцентрическая V_r по измерениям положений множества абсорбций металлов меняется от даты к дате со стандартным отклонением $\Delta V_r \equiv 1.4$ км с^{-1} около среднего значения $V_r = 24.75$ км с^{-1} , что может быть следствием малоамплитудных пульсаций в атмосфере. Спектры звезды чисто абсорбционные, явные эмиссии отсутствуют. Обнаружена переменность интенсивности большинства абсорбций и полос системы Свана молекулы C_2 . В отдельные моменты наблюдается слабая асимметрия профиля профиля $H\alpha$. Положение ее абсорбционного ядра изменяется в пределах 27.3—30.6 км с^{-1} . Обнаружено расщепление на два компонента (или асимметрия) сильных абсорбций низкого возбуждения (Y II, Zr II, Ba II, La II, Ce II, Nd II). Положение длинноволнового компонента совпадает с положением иных фотосферных абсорбций, что подтверждает его формирование в атмосфере звезды. Положение коротковолнового компонента близко к положению вращательных деталей полос системы Свана, что указывает на его формирование в околосредней оболочке, расширяющейся со скоростью около $V_{exp} = 16$ км с^{-1} .

22.05-01.379 Исследование особенностей эволюции сильно замагниченных звезд — белых карликов. I. Наблюдения. *Аитов В.Н., Валявин Г.Г., Валеев А.Ф., Митяни Г.Ш., Москвитин А.С., Емельянов Э.В., Фатахуллин Т.А., Антоноук К.А., Галазутдинов Г.А., Закиян А.Р., Куникин С.А.* *Астрофизический бюллетень*. 2022. 77, № 3, с. 333-340. Рус.

Представлены результаты наблюдений по программе поиска сильнозамагниченных белых карликов среди эволюционно старых звезд этого класса. Программа выполнялась на протяжении двух лет на 1-м телескопе САО РАН. Были обнаружены новые кандидаты в белые карлики разных возрастов со сверхсильными (от нескольких мегагаусс до сотен мегагаусс) магнитными полями. Эти наблюдения вместе с исследованиями других авторов позволили дать новую оценку частоты встречаемости магнитных белых карликов среди старых звезд. Наши результаты подтверждают ранее сделанные предположения о том, что частота встречаемости далеко проэволюционировавших магнитных белых карликов с магнитными полями величиной от нескольких мегагаусс и выше и с температурами менее 10 000 К находится на уровне 15% и более, во время как для таких звезд среди молодых белых карликов она не превышает 4—6%. Это означает, что тепловая эволюция физических свойств магнитных белых карликов отличается от тепловой эволюции их слабомагнитных родственников.

22.05-01.380 Исследование особенностей эволюции

сильно замагниченных белых карликов и некоторых других звезд в условиях магнитоиндуцированного подавления у них конвективного выноса энергии. **II. Моделирование.** *Аитов В.Н., Валяев Г.Г., Валеев А.Ф., Галазутдинов Г.А., Москвитин А.С., Митиани Г.Ш., Емельянов Э.В., Фатхуллин Т.А., Антонов К.А., Закиян А.Р., Курикин С.А. Астрофизический бюллетень. 2022. 77, № 3, с. 341-349. Рус.*

Представлено исследование влияния магнитоиндуцированного контроля внешней конвекции у звезд разных типов, в частности, у белых карликов, на их тепловую эволюцию. Для проверки высказанного нами ранее утверждения о том, что для остывающих белых карликов, исчерпавших источники термоядерного горения, остановка конвекции магнитным полем значительно замедляет их остывание, выполнена наблюдательная программа поиска новых сильно замагниченных белых карликов. Построена наблюдаемая функция светимости сильно замагниченных белых карликов с остановленной конвекцией и проведено ее сравнение с известной аналогичной функцией светимости белых карликов со слабыми полями, допускающими эффективный конвективный вынос тепла из их недр. В результате модельного анализа этих функций подтверждена гипотеза о том, что сильно замагниченные белые карлики остывают медленнее слабомагнитных. Качественно рассмотрено влияние магнитного торможения конвекции у звезд солнечного типа и звезд — холодных М-карликов главной последовательности — на периодичность их радиационной активности. Обсуждаются геофизический аспект проблемы и практическое приложение контроля магнитным полем теплоотвода в электропроводящих средах. К.

22.05-01.381 Открытие новых звезд типа δ Щита (Дополнительные материалы). *Кирмизиташ Ё., Чавуш С., Кахраман Аличавуш Ф. Астрофизический бюллетень. 2022. 77, № 3, с. 350-359. Рус.*

Пульсирующие звезды — особенные объекты в звездной астрофизике. Частоты их пульсаций позволяют нам исследовать внутреннюю структуру звезд. Одной из наиболее известных групп пульсирующих звезд являются переменные типа δ Щита (δ Scuti), изучение которых может способствовать пониманию механизма передачи энергии в звездах спектральных классов А—F. Поэтому в данном исследовании мы сосредоточились на поиске звезд типа δ Щита. В своей работе мы руководствовались несколькими критериями. Сперва в базе данных TESS мы выявили несколько одиночных звезд, которые демонстрируют пульсации и поведение, характерное для объектов такого типа. С учетом второго критерия — диапазонов T_{eff} и $\lg g$, обычно составляющих у звезд типа δ Щита 6300—8500 К и 3.2—4.3 соответственно, для исследования мы выбрали те объекты, параметры T_{eff} и $\lg g$ которых оказываются в пределах этих диапазонов. Еще одним критерием является частота пульсаций. Частотный анализ был проведен для всех звезд из списка кандидатов. Кроме того, для вычисления пульсационных констант и отображения положений объектов исследования на диаграмме Герцшпрунга—Рассела (H—R) мы определили их параметры M_V , L и M_{bol} . Окончательная классификация типов пульсаций звезд была сделана с учетом частотных диапазонов и пульсационных постоянных. В результате были обнаружены пять звезд типа δ Scuti, одна звезда типа γ Doradus и четыре гибридные системы.

22.05-01.382 Шумы системы и точность первичных калибраторов и шкал плотности потока излучения по данным космического телескопа РадиоАстрон. *Ковалев Ю.А., Ермаков А.Н., Васильков В.И., Согласнов В.А., Лисахов М.М., Ковалев Ю.Ю. Астрофизический бюллетень. 2022. 77, № 3, с. 360-368. Рус.*

Исследуется физическая причина обнаруженного рассогласования калибровок космического радиотелескопа по первичным калибраторам плотности потока излучения объектов Кассиопея А и Крабовидная туманность. Двадцать внутренних основных и резервных источников шума анализируются как вторичные эталоны космического радиотелескопа, измеряемые относительно первичных в единицах спектральной эквивалентной плотности потока в Ян в трех точных шкалах по данным четырехлетнего мониторинга калибровок космического радиоте-

лескопа в диапазонах длин волн 6.2, 18 и 92 см в 2015—2018 гг. Цели работы: 1) найти и устранить причину этого рассогласования; 2) предложить метод проверки калибраторов и шкал плотности потока на основе анализа спектральной эквивалентной плотности потока; 3) исследовать стабильность спектральной эквивалентной плотности потока излучения собственных шумов космического радиотелескопа. Показано, что выявленное несоответствие калибровок космического радиотелескопа обусловлено неточностью используемых значений плотностей потока излучения первичных калибраторов. Лучше учесть переменно-калибраторов позволяют новые калибровочные шкалы, предложенные в 2014 и 2017 гг. Они дают более точные значения спектральной эквивалентной плотности потока, чем полученные по экстраполированным данным в общепринятой шкале 1977 г. Усреднение спектральной эквивалентной плотности потока по калибраторам практически устраняет различия между шкалами. Искусственный эталон (генератор шума) телескопа можно использовать при определенных условиях не только как обычный вторичный калибратор, но и как индикатор взаимного соответствия калибраторов и шкал спектральной плотности потока излучения.

22.05-01.383 Поточковая обработка длиннощелевых спектров, полученных на телескопе SALT. *Князев А.Ю. Астрофизический бюллетень. 2022. 77, № 3, с. 369-382. Рус.*

Представлена система потоковой обработки спектральных данных, получаемых в моде «длинная щель» на многофункциональном спектрографе низкого и среднего спектрального разрешения Robert Stobie Spectrograph (RSS) Южного Африканского Большого Телескопа (SALT). Рассмотрены особенности спектральных данных RSS, обусловившие необходимость создания такой системы обработки. Сформулированы принципы реализации разработанной системы, приведено ее генеральное описание и подробно представлены этапы потоковой обработки данных. Также даны потоковые диаграммы для всех основных шагов обработки.

22.05-01.384 Двухцветная фотометрия нового асинхронного поляра IGR J19552 + 0044. *Павленко Е.П., Рахими Ф.К., Кожирова Г.И., Рахматуллаева Ф.Дж., Антонов К.А., Питъ Н.В., Хамроев У.Х. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2019. 62, № 11-12, с. 645-652. Рус.*

Представлены результаты двухцветных фотометрических наблюдений асинхронного поляра IGR J19552+0044, выполненных в Международной астрономической обсерватории Сангloch (MAOC) и Крымской астрофизической обсерватории (КРАО) в течение трех ночей 20, 21, 22, июня 2019 года, охвативших 11 периодов вращения белого карлика. Длительные ряды наблюдений позволили выявить значительные изменения профиля кривых блеска от цикла к циклу. Выявлено одновременное существование двух периодических процессов: периода вращения белого карлика 0.0565 суток и орбитального периода 0.0580 суток. Этот результат согласуется с предположением, что источниками излучения системы являются циклотронное излучение аккреционной колонны на белом карлике и «эффект отражения» от вторичного компонента позднего спектрального класса.

22.05-01.385 Определение координат и орбиты астероида Дон Кихот по наблюдениям в обсерватории Сангloch. *Кожирова Г.И., Иванова А.В., Буриев А.М., Рахматуллаева Ф.Дж., Хамроев У.Х. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 1-2, с. 55-60. Рус.*

Представлены результаты астрометрической обработки оптических наблюдений астероида (3552) Дон Кихот, проведенных в Международной астрономической обсерватории Сангloch в июле 2018 г. Определены координаты, видимая траектория и вычислена орбита астероида. Показано, что точность астрометрических измерений не превышает 0.80 и 0.57 угловых секунд по прямому восхождению и склонению объекта соответственно. Новые результаты хорошо согласуются с имеющимися динамическими данными. Показано, что, несмотря на зарегистрированную вспышку, орбита астероида стабильна, что говорит о том, что возможное столкновение с другим объектом не бы-

ло катастрофичным и не привело к существенному изменению орбиты.

22.05-01.386 Астероидно-метеороидный комплекс Виргинид. Астероиды, связанные с метеороидным роем альфа-Виргиниды. Кожирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Хамроев У.Х., Джонмухаммади А.И., Кулаев И.В. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 3-4, с. 187-198. Рус.

Метеороидный рой Виргинид порождает ряд метеорных потоков и субпотоков, наблюдаемых на Земле ежегодно в период с февраля по май. Родительская комета роя не установлена, но родственная связь между некоторыми потоками и астероидами, сближающимися с Землей, ранее уже была обнаружена, на основе чего сделано предположение о кометной природе этих астероидов. Мы провели новый поиск АСЗ, принадлежащих астероидно-метеороидному комплексу Виргинид. По результатам вычисления эволюции орбит ряда АСЗ и определения теоретических параметров их родственных потоков выполнен поиск наблюдаемых активных потоков, схожих с теоретически предсказанными во всех опубликованных базах данных. Оказалось, что предсказанные метеорные потоки, родственные с 15 АСЗ, были отождествлены с активными потоками, порождаемыми метеороидным роем α -Виргиниды. Выявленная связь указывает на кометное происхождение астероидов, которые двигаются в рое Виргинид и с высокой вероятностью являются угасшими фрагментами крупной родительской кометы астероидно-метеороидного комплекса Виргинид.

22.05-01.387 Результаты наблюдений двойственного объекта 2008G098 (362P) в 2017 г. Кожирова Г.И., Иванова А.В., Рахматуллаева Ф.Дж., Баранский А., Буряев А.М. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 5-6, с. 328-342. Рус.

Представлены результаты оптических наблюдений двойственного объекта 2008 G098 (362P), проведенных в Международной астрономической обсерватории Санглюх Института астрофизики НАНТ и в Астрономической обсерватории Киевского национального университета им. Т. Шевченко в июле-сентябре 2017 г. В момент мониторинга у астероида зарегистрирован признак кометной активности в виде пылевой комы и хвоста, наличие которой подтвердили результаты исследования морфологии изображений. Определены видимые и абсолютные звездные величины астероида в фильтре R, показано постепенное их снижение в период наблюдений — от 13.97 до 14.53 абсолютных звездных величин, что свидетельствует об убывании активности к концу мониторинга. Оценка эффективного диаметра астероида по нашим наблюдениям км согласуется с имеющимися данными. Полученные новые данные позволяют предположить кометную природу объекта. Определены экваториальные координаты астероида, достаточная точность астрометрических измерений позволила вычислить орбиту, элементы которой согласуются с имеющимися орбитальными данными. Активность астероида не повлияла на стабильность орбиты.

22.05-01.388 Определение скорости солнечного ветра по наблюдениям плазменных хвостов комет. Ибрагимов А.А. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 5-6, с. 343-349. Рус.

По наблюдениям плазменного хвоста кометы C/2014 Q2 (Lovejoy) определена скорость солнечного ветра. Приводится алгоритм вычисления кометоцентрических координат по методу Штумпфа. Показаны условия увеличения точности определения кометоцентрических координат. Предполагается, что уширение плазменного хвоста гравитацией Солнца может влиять на абберацию оси хвоста относительно продолженного радиус-вектора.

22.05-01.389 Особенности поступательно-вращательного движения избранных фрагментов космического мусора по наблюдениям в обсерватории Санглюх. Кожирова Г.И., Вахтигарев Н.С., Левкина П.А., Чазов В.В., Хамроев У.Х. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 7-8, с. 474-480. Рус.

В Международной астрономической обсерватории Санглюх Института астрофизики НАНТ Таджикистана при помощи телескопа Цейсс-1000 в период с 31 июля по 9 августа 2019 года про-

ведена очередная сессия наблюдений избранных фрагментов космического мусора (КМ) с целью исследования изменения их блеска и закономерностей вращательного движения. Выявлены особенности вариации блеска фрагментов КМ с большим коэффициентом отношения средней площади миделевого сечения к массе. Приведены графики изменения блеска, найденные зависимости блеска от фазового угла, вычисленные значения коэффициентов отношения средней площади миделевого сечения к массе и периодов изменения блеска наблюдаемых объектов. Показана стабильность параметров поступательно-вращательного движения одного фрагмента космического мусора с очень большим отношением площадь/масса, равным 29 м/кг, что не характерно для других фрагментов.

22.05-01.390 Астероидно-метеороидный комплекс Виргинид. II. Астероиды, связанные с метеороидным роем Эта-Виргиниды. Кожирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Хамроев У.Х., Джонмухаммади А.И., Кулаев И.В. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 9-10, с. 591-597. Рус.

Представлены результаты выявления новых астероидов сближающихся с Землей, принадлежащих астероидно-метеороидному комплексу Виргинид. По результатам вычисления эволюции орбит ряда АСЗ и определения теоретических параметров их родственных потоков выполнен поиск наблюдаемых активных потоков, схожих с теоретически предсказанными во всех опубликованных базах данных. Оказалось, что предсказанные метеорные потоки, родственные с 7 АСЗ, были отождествлены с активными потоками, порождаемыми метеороидным роем η -Виргиниды. Выявленная связь указывает на кометное происхождение рассмотренных АСЗ, которые двигаются в рое Виргинид и с высокой вероятностью являются угасшими фрагментами крупной родительской кометы астероидно-метеороидного комплекса Виргинид.

22.05-01.391 Динамика образования кластерных ионов в кометах. Шоёкубов Ш.Ш., Ибрагимов А.А. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 9-10, с. 598-601. Рус.

Экспериментальным путем, методом масс-спектрального анализа получены количественные данные скорости образования кластерных ионов с поверхности льда при изменении температуры поверхности чистого льда.

22.05-01.392 Астероидно-метеороидный комплекс Виргинид. Астероиды, связанные с метеороидным роем ν -Виргиниды. Кожирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Хамроев У.Х., Джонмухаммади А.И. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020. 63, № 11-12, с. 708-714. Рус.

Представляемые результаты являются продолжением исследования по выявлению новых астероидов сближающихся с Землей, принадлежащих астероидно-метеороидному комплексу Виргинид. По данным вычисления эволюции орбит ряда АСЗ и определения теоретических параметров их родственных потоков выполнен поиск наблюдаемых активных потоков схожих с теоретически предсказанными во всех опубликованных базах данных. Оказалось, что предсказанные метеорные потоки, родственные с 5 АСЗ, были отождествлены с активными потоками, порождаемыми метеороидным роем ν -Виргиниды. Установленная родственная связь свидетельствует о кометной природе рассмотренных объектов, которые двигаются в рое Виргинид и с высокой вероятностью являются угасшими фрагментами крупной родительской кометы астероидно-метеороидного комплекса Виргинид.

22.05-01.393 Астероидно-метеороидный комплекс Виргинид. Астероиды, связанные с метеороидным роем μ -Виргиниды. Кожирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Хамроев У.Х., Джонмухаммади А.И., Кулаев И.В. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021. 64, № 1-2, с. 57-63. Рус.

Представляемые результаты завершают исследование по выявлению новых астероидов, сближающихся с Землей, принадлежащих астероидно-метеороидному комплексу Виргинид. По данным вычисления эволюции орбит ряда АСЗ и определения теоретических параметров их родственных потоков, выполнен

поиск наблюдаемых активных потоков, схожих с теоретически предсказанными во всех опубликованных базах данных. Оказалось, что предсказанные метеорные потоки, родственные с 4 АСЗ, были отождествлены с активными потоками, порождаемыми метеороидным роем μ -Виргиниды. Установленная родственная связь свидетельствует о кометной природе рассмотренных объектов, которые двигаются в рое Виргинид и с высокой вероятностью являются угасшими фрагментами родительской кометы роя. На основе представленной серии работ сделан обобщающий вывод: астероидно-метеороидный комплекс Виргинид состоит из ряда роев и суброев, порождающих метеорные потоки, и 31 объект кометной природы, представляющих собой угасшие фрагменты большей кометы-прародительницы комплекса.

22.05-01.394 Об ориентации плазменных хвостов комет. Ибрагимов А.А. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021. 64, № 1-2, с. 64-70. Рус.

На основании имеющихся данных об абберации плазменного хвоста комет, была исследована возможность применения метода определения скорости солнечного ветра по ориентации плазменных хвостов комет. Приведены результаты сравнительного анализа скоростей, измеренных космическим аппаратом, и расчетных данных, полученных по отклонению хвостов комет относительно продолженного радиус-вектора. Показано условие соответствия измеренных и расчетных данных.

22.05-01.395 Распад кометы Атлас по наблюдениям в Таджикистане и Индии. Кожирова Г.И., Иванова А.В., Разматуллаева Ф.Дж., Борисенко С.А., Агнихотри В.К., Буриев А.М. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021. 64, № 3-4, с. 171-182. Рус.

Долгопериодическая комета C/2019Y4 (Atlas) открыта в конце 2019 г., 31 мая 2020 г. она прошла перигелий своей орбиты. В конце марта 2020 г. наблюдения космического телескопа Хаббл зарегистрировали распад ядра кометы на несколько фрагментов. Для исследования этого явления в Цефеид обсерватории Индии, Международной астрономической обсерватории Санглюх (МАОС) и Гиссарской астрономической обсерватории Института астрофизики НАНТ в марте-апреле 2020 г. проведены наблюдения кометы Атлас. Показано снижение видимого и абсолютного блеска кометы в фильтрах VRI, что подтверждает распад ядра, произошедший в этот период. Оценка скорости разлета фрагментов составляет несколько м/с, при таких скоростях дезинтеграция ядра может быть обусловлена мощным выбросом газов, что привело к разрушению механических связей конгломератов ядра кометы. Определены координаты кометы, вычислена орбита и показано, что распад ядра не повлиял на стабильность орбиты основного компонента ядра кометы.

22.05-01.396 Результаты наблюдений кометы P/2019 LD2 в обсерватории Санглюх. Кожирова Г.И., Разматуллаева Ф.Дж., Борисенко С.А. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021. 64, № 5-6, с. 291-302. Рус.

Короткопериодическая комета P/2019 LD2 (Атлас) открыта в июне 2019 г. Первоначально объект был классифицирован как троянский астероид, но позже был включен в группу комет семейства Юпитера. Происхождение объекта доподлинно не установлено и поэтому исследование кометы продолжает представлять особый научный интерес. В августе 2020 г. проведены оптические наблюдения кометы в Международной астрономической обсерватории Санглюх (МАОС) Института астрофизики НАНТ. Определен видимый и абсолютный блеск кометы в фильтре R, оценены параметр пылепродуктивности и верхний предел радиуса ядра. Показано распределения яркости вдоль хвоста и выявлена структура пылевого хвоста. Фотометрические данные указывают, что в период мониторинга комета находилась в состоянии нормальной кометной активности, связанной главным образом, с недавним прохождением перигелия.

22.05-01.397 Определение физических свойств потенциально опасного астероида 2003 SD220 по наблюдениям в Гиссарской астрономической обсерватории. Кожирова Г.И., Буриев А.М., Сафаров С.Н. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021. 64, № 7-8, с. 401-405. Рус.

Представлены результаты фотометрической обработки мно-

гоцветных наблюдений потенциально опасного астероида 2003 SD220, проведенных на телескопе АЗТ-8 Гиссарской астрономической обсерватории в период его сближения с Землей в декабре 2018 г. Получены видимый и абсолютный блеск астероида в четырех фильтрах. Построены кривые блеска и показано, что блеск объекта в период наблюдений практически не изменялся, абсолютное значение блеска соответствует эфемеридной величине. Показатели цвета соответствуют астероидам S-типа. Оценки диаметра астероида по нашим наблюдениям хорошо согласуются с имеющимися данными. Сближение астероида с Землей не привело к существенным изменениям его физических свойств.

22.05-01.398 Исследование зависимости абсолютной яркости комет от активности Солнца. Асоев Х.Г. Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022. 65, № 3-4, с. 192-200. Рус.

Рассмотрена возможная связь активности Солнца с абсолютной яркостью комет семейств Сатурна и Юпитера. Выявлена зависимость блеска некоторых комет от активности Солнца. Показано, что для комет семейства Юпитера эта зависимость сильнее, чем для комет семейства Сатурна. Это связано с недостатком наблюдательных данных по кометам семейства Сатурна из-за более редких сближений с Солнцем по сравнению с кометами семейства Юпитера. Редкие наблюдения не позволяют выполнить полновесный анализ.

22.05-01.399 Детальный анализ поведения критической частоты слоя F2 перед магнитными бурями. 8. Интенсивность предвестников. Данилов А.Д., Константинова А.В. Гелиогеофизические исследования. 2021, № 34, с. 3-12. Рус.

Продолжен анализ поведения отклонений критической частоты foF2 от спокойных условий в дни, предшествующие магнитной буре, начатый в серии предыдущих публикаций авторов. Анализируется зависимость от интенсивности предстоящей бури и солнечной активности амплитуды указанных отклонений. В качестве анализируемого параметра рассматривается отношение $N(>30)/N$ (количества отклонений с амплитудой, большей или равной 30%, к общему количеству отклонений (событий)). Получено, что это отношение растет с ростом интенсивности бури и падает с ростом солнечной активности.

22.05-01.400 Детальный анализ поведения критической частоты слоя F2 перед магнитными бурями. 9. Зависимость от интенсивности бури для различных предбуревых дней. Данилов А.Д., Константинова А.В. Гелиогеофизические исследования. 2021, № 34, с. 13-24. Рус.

Продолжен анализ поведения отклонений критической частоты foF2 от спокойных условий в дни, предшествующие магнитной буре, начатый в серии предыдущих публикаций авторов. Анализируется зависимость количества и интенсивности этих отклонений от интенсивности предстоящей бури. Получено, что при анализе указанной зависимости отдельно для каждого предбуревых дня подтверждается полученное в предыдущих работах авторов (без разделения на дни) уменьшение количества отклонений и увеличение их интенсивности с усилением бури. Получено, что как количество, так и интенсивность этих отклонений растет с удалением от момента начала бури.

22.05-01.401 Особенности прогнозирования работы ионосферных радиолоний в переходных областях скачкового распространения радиоволн. Крашенинников И.В., Шубин В.Н. Гелиогеофизические исследования. 2021, № 34, с. 25-33. Рус.

Анализируется работа двух реальных радиолоний меридиональной направленности: односкачкового (~2600 км) и доминирующего двухскачкового (~5100 км) режимов прохождения радиоволн в частотном разрезе параметров передачи информации. Показано, что наличие в системе радиосвязи высокоэффективных приемно-передающих антенн, делает необходимым учитывать в задаче прогнозирования радиотрасс существование априори энергетически крайне слабых мод, формирующихся механизмом ионосферного распространения радиоволн по лучевым траекториям семейства верхних лучей в ионосферной плазме. В случае резонансного совпадения углов выхода и прихода таких мод и направлений главных лепестков

диаграмм направленности антенн в терминальных точках соотношение сигнал/шум для волнового поля может достичь порогового значения и обеспечить успешную работу радиокommunikационной системы. Это обстоятельство расширяет верхнюю границу скачкового прохождения радиоволн в переходных областях и его следует учитывать в прогнозировании работы ионосферных радиолоний.

22.05-01.402 Вариационный принцип при обосновании выбора оптимальных условий для калибровки солнечных фотометров по методу Ленгли. Асадов Х.Г., Чобанзаде И.Г. *Гелиогеофизические исследования*. 2021, № 34, с. 34-39. Рус.

Статья посвящена качественно новому подходу определения порядка калибровки солнечных фотометров. Отмечено, что существующие модификации метода Ленгли калибровки солнечных фотометров, включая аналитическую разновидность этого метода, позволяют осуществлять количественную оценку точности проводимой калибровки. В то же время отсутствует качественный подход к решению задачи обеспечения высокой достоверности калибровки. Суть предлагаемого качественного подхода заключается в определении такой динамики взаимосвязанного изменения m и $ta_{\text{эп}}$, при которой достоверность калибровки достиг бы наивысокой величины. Предложен критерий обеспечения высокой достоверности проводимой калибровки, на основе которого сформулирована вариационная задача Лагранжа с учетом принятого ограничительного условия. Решение оптимизационной задачи показало, что калибровка солнечного фотометра, выполненная на линейном участке изменения m , представляется оптимальной с точки зрения предложенного вариационного принципа. При дальнейшем увеличении оптической воздушной массы наивысокая достоверность результата калибровки достигается при противофазной динамике изменения m и $ta_{\text{эп}}$.

22.05-01.403 Обзор космических систем гелиогеофизического назначения с магнитометрической аппаратурой. Брагина А.А., Арутюнян Д.А., Минлигарев В.Т. *Гелиогеофизические исследования*. 2021, № 34, с. 40-48. Рус.

Рассмотрены зарубежные и отечественные космические системы (КС) гелиогеофизического назначения. Произведен анализ используемой магнитометрической аппаратуры и сравнение их технических и метрологических характеристик. Определены перспективные направления для развития КС и бортовой магнитометрической аппаратуры.

22.05-01.404 Оценки положения северного магнитного полюса в 2021 г. по данным с научно-экспедиционного судна «Михаил Сомов». Тертышников А.В. *Гелиогеофизические исследования*. 2021, № 34, с. 49-51. Рус.

Представлены результаты арктического эксперимента по расчету положения северного магнитного полюса в 2021 г. Расчеты проводились по оценкам невязок рассчитанных магнитных склонений с данными модели Международного геомагнитного аналитического поля (IGRF13). Измерения выполнялись в экспедиции «Арктический плавучий университет — 2021». По положению зоны северного магнитного полюса Земли проведена верификация модели IGRF13 в Арктике.

22.05-01.405 Динамика ночных границ аврорального овала во время магнитной бури 27—29.V.2017. Иванова А.Р., Калегаяев В.В. *Космические исследования*. 2022, 60, № 5, с. 357-367. Рус.

По данным низкоорбитального спутника Метеор М2 исследована динамика границ аврорального овала на ночной стороне в период магнитной бури, наблюдавшейся с 27.V по 29.V.2017. Исследовалась зависимость положения границ во время различных фаз бури от состояния магнитосферы и межпланетной среды. Экспериментально полученные данные о границах области высыпаний авроральных электронов сопоставлялись с данными, рассчитанными по статистической модели, разработанной независимо от данного исследования и определяющей положение овала в зависимости от величины AL -индекса. Получено, что во время начальной фазы бури главным фактором, повлиявшим на дальнейшую динамику овала, стал мощный продолжительный импульс давления солнечного ветра, который в

сочетании с устойчивым южным межпланетным магнитным полем (ММП) привел к сжатию магнитосферы, уменьшению площади полярной шапки и расширению экваториальной границы овала. В период главной фазы и фазы восстановления бури давление солнечного ветра вернулось на добуриевой уровень, и динамика границ овала была связана с суббуриевой активностью и изменениями Vz-компоненты ММП: поворот ММП к югу на главной фазе привел к смещению овала на более низкие широты, а постепенное уменьшение по модулю южной компоненты обусловило сдвиг овала к полюсу на фазе восстановления. Показано, что полярная граница овала непосредственно реагирует на изменения в солнечном ветре, в то время как в динамике экваториальной границы присутствуют черты, связанные с геомагнитной активностью, с развитием магнитосферных токовых систем, опосредованно контролируемых параметрами межпланетной среды, в частности, интенсивностью крупномасштабной конвекции.

22.05-01.406 Анализ источников эмиссии 630.0 нм в полярных сияниях. Дашкевич Ж.В., Иванов В.Е. *Космические исследования*. 2022, 60, № 5, с. 368-376. Рус.

Рассмотрена роль всех известных потенциальных источников возбуждения 1D термина атомарного кислорода в полярных сияниях и величина их относительных вкладов в интенсивность излучения эмиссии 630.0 нм в интервале высот 100—300 км. Основное внимание уделено роли слабых источников возбуждения 1D термина, таких как: столкновительные взаимодействия между компонентами атмосферных газов $N(^2D)+O$, $N(^2D)+O_2$, $N(^2P)+O_2$, N^++O_2 , прямой электронный удар O_2+e^* и радиационный переход $O(^1S)\rightarrow O(^1D)+h\nu_{557.7}$. Показано, что, несмотря на небольшие парциальные вклады этих источников в интенсивность излучения эмиссии 630.0 нм их суммарный вклад может быть достаточно весомым. Суммарная эффективность данных источников варьируется в диапазоне от 66 до 6% при увеличении высоты от 100 до 300 км и является значимой на высотах ниже 200 км. Показано, что влияние процесса дезактивации O_2^++NO приводит к тому, что в области высот ~ 110 —150 км совокупность реакций столкновительных взаимодействий компонент ионосферной плазмы $N(^2D)+O$, $N(^2D)+O_2$, $N(^2P)+O_2$ и N^++O_2 становится вторым по эффективности источником, вносящим вклад в интенсивность излучения эмиссии 630.0 нм.

22.05-01.407 Анализ фаз квазидвухлетних вариаций потоков космических лучей, параметров солнечной активности и межпланетной среды. Оглопков В.П. *Космические исследования*. 2022, 60, № 5, с. 377-383. Рус.

Исследованы фазы квазидвухлетних вариаций (КДВ) в потоках космических лучей, параметрах солнечной активности и межпланетной среды. Проведен спектральный анализ КДВ перечисленных данных. Для используемых данных выявлены спектральные составляющие с максимальной амплитудой (синусоидальная составляющая с периодом около 1.7 года (около 20.5 месяцев)). Проведено сравнение фаз КДВ с фазами этих синусоид в те временные интервалы, где КДВ однозначно выявлены достоверно. Показано, что по всем данным фазы квазидвухлетних вариаций сохраняются в течение многих десятилетий с незначительными отклонениями. Это свидетельствует о долготной стабильности областей на Солнце, ответственных за квазидвухлетнюю вариацию.

22.05-01.408 Алгоритм безопасной посадки космического аппарата при спуске с окололунной орбиты. Жуков Б.И., Ливачев В.Н., Сижарулидзе Ю.Г. *Космические исследования*. 2022, 60, № 5, с. 384-395. Рус.

Рассматривается задача безопасной посадки космического аппарата, имеющего комбинированную двигательную установку, с окололунной орбиты в заданное место на поверхности Луны. Безопасность посадки обеспечивается выполнением ограничений на параметры движения в момент прилунения, а также возможностью горизонтального перемещения аппарата относительно поверхности Луны для коррекции места посадки с учетом величины уклона, отсутствия крупных камней и глубоких ям. В алгоритме управления спуском используется решение модельной задачи «свободное падение-торможение». Для коррекции места прилунения применяется алгоритм пропорционального наведения. Осуществляется адаптация к фактической ве-

личине кажущегося ускорения. Статистическими испытаниями показана работоспособность алгоритма, получена оценка точности приведения и расхода топлива с учетом всех ограничений на работу двигательной установки при выполнении условий безопасного прилунения.

22.05-01.409 Спектральные характеристики собственного излучения электрических ракетных двигателей с замкнутым дрейфом электронов в радиодиапазоне для различных рабочих тел. *Плохий А.П., Вазженин Н.А., Попов Г.А., Шилов С.О. Космические исследования.* 2022. 60, № 5, с. 396-403. Рус.

Рассматриваются методика и результаты экспериментального исследования спектральных характеристик собственного излучения лабораторных моделей электрических ракетных двигателей с замкнутым дрейфом электронов на примерах двигателя с анодным слоем (ДАС) и стационарного плазменного двигателя (СПД) для мощностей разряда 600, 800 и 1000 Вт, вертикальной и горизонтальной поляризации приема и различных используемых рабочих тел (криптон и ксенон). Проведенные исследования позволили выявить ряд особенностей радиоизлучения двигателей с замкнутым дрейфом электронов в спектральной области. Так, в частности, установлено, что ДАС имеет широкополосный спектр, зафиксированный в полосе частот от 1 до 4 ГГц. На исследуемых режимах доминирует вертикальная поляризация, при этом уровень радиоизлучения ДАС на криптоне на 5–10 дБ выше, чем на ксенеоне. В свою очередь СПД имеет широкополосный спектр, зафиксированный в полосе частот от 1 до 3 ГГц. На исследованных режимах незначительно доминирует горизонтальная поляризация. Максимальное превышение уровня излучения при работе на криптоне по сравнению с ксеноном для СПД составляет порядка 10 дБ в диапазоне частот от 1 до 2 ГГц для горизонтальной поляризации. Полученные результаты позволяют решать задачи количественной оценки влияния излучения двигателей с замкнутым дрейфом электронов на помехоустойчивость систем космической связи.

22.05-01.410 Электродинамическое управление с распределенным запаздыванием для стабилизации исз на экваториальной орбите. *Александров А.Ю., Тихонов А.А. Космические исследования.* 2022. 60, № 5, с. 404-412. Рус.

Рассматривается ИСЗ с электродинамической системой стабилизации. Для решения задачи о трехосной стабилизации ИСЗ в произвольном положении в орбитальной системе координат ставится вопрос о возможности создания системы электродинамического управления угловым движением ИСЗ по типу PID-регулятора, отличающегося от классического PID-регулятора тем, что восстанавливающая компонента управляющего момента содержит распределенное запаздывание. Доказана теорема об асимптотической устойчивости стабилизируемого положения равновесия ИСЗ, подтверждающая возможность создания указанной системы электродинамического управления. Эффективность предложенной системы управления и целесообразность ее применения для сглаживания переходных процессов подтверждается численным моделированием.

22.05-01.411 Динамика формирования тросовой группировки космических аппаратов в виде треугольного "созвездия". *Заболотнов Ю.М., Назарова А.А., Ван Чанцин, Ли Айджунь. Космические исследования.* 2022. 60, № 5, с. 413-425. Рус.

Рассматривается метод формирования тросовой группировки из четырех космических аппаратов в виде треугольного лучевого "созвездия". Группировка состоит из центрального космического аппарата, с которого происходит выпуск тросов, и трех малых космических аппаратов (спутников). После формирования группировка представляет собой треугольное лучевое симметричное "созвездие" космических аппаратов, стабилизированное вращением с некоторой заданной угловой скоростью. При формировании группировки предлагается использовать комбинированный способ управления, который заключается в совместном применении двигателей малой тяги, расположенных на спутниках, и устройств выпуска тросов, обеспечивающих плавное их торможение на заключительном этапе формирования системы после выключения двигателей. Для выбора

законов управления при формировании системы разрабатывается и используется математическая модель плоского движения системы, построенная с помощью уравнений Лагранжа. Для проверки реализуемости предлагаемых законов управления используется более полная пространственная математическая модель движения системы, учитывающая движение космического аппарата и спутников относительно своих центров масс, растяжимость и односторонность механических связей (тросов), возмущения при разделении космических аппаратов, неточность знания начальной угловой скорости вращения системы до разделения и т.д.

22.05-01.412 Второй этап космического эксперимента "БТН Нейтрон" на борту российского сегмента Международной космической станции: аппаратура БТН-М2. *Мокроусов М.И., Митрофанов И.Г., Аникин А.А., Головин Д.В., Карпушкина Н.Е., Козырев А.С., Литвак М.Л., Малахов А.В., Пеков А.Н., Санин А.Б., Третьяков В.И. Космические исследования.* 2022. 60, № 5, с. 426-436. Рус.

Как показали последние исследования на борту различных космических аппаратов, единственной нерешенной технической проблемой пилотируемых межпланетных полетов на данный момент является высокий радиационный фон межпланетного пространства, который, как например в случае пилотируемой миссии на Марс, может оказаться критически опасным для экипажа. Работы по данной тематике ведутся во всех космических агентствах, одним из таких космических экспериментов является аппаратура "БТН-Нейтрон" на борту Российского сегмента Международной космической станции. Основным результатом работы явилось создание аппаратуры БТН-М2 для создания эффективной радиационной защиты на борту перспективных пилотируемых космических аппаратов, создания инженерной модели радиационного фона как внутри, так и снаружи МКС, и для регистрации гамма-лучей и нейтронов во время солнечных вспышек и космических гамма-всплесков.

22.05-01.413 Новые околоземные объекты в комплексе Таурид. *Кожирова Г.И., Бабаджанов П.Б., Латипов М.Н., Джонмухаммади А.И., Хамроев У.Х. Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук.* 2022, № 1, с. 40-61. Рус.

Метеороидный рой Таурид, комета 2P/Энке, являющаяся родителем роя и более 30 астероидов, сближающихся с Землей, в действительности являющимися угасшими фрагментами родительской кометы, образуют кометно-астероидно-метеороидный комплекс Таурид. Рой Таурид порождает метеорные потоки и субпотоки, наблюдаемые на Земле ежегодно в период октябрь–ноябрь и май–июнь. Мы провели новый поиск астероидов, принадлежащих комплексу Таурид, в базе данных астероидов, сближающихся с Землей, открытых в 2005–2014 гг. По результатам вычисления эволюции орбит и определения теоретических параметров родственных потоков ряда астероидов выполнен поиск наблюдаемых активных потоков, схожих с теоретически предсказанными во всех опубликованных базах данных. Предсказанные метеорные потоки, родственные с 16 астероидами, были отождествлены с активными потоками и субпотоками, порождаемыми метеороидным роєм Таурид. Выявленная связь комплекса с 16 астероидами свидетельствует об их общем кометном происхождении. Новые околоземные объекты наряду с уже установленными движутся в роє Таурид и с высокой вероятностью являются угасшими фрагментами кометы 2P/Энке — родителя комплекса Таурид или более крупной родительской кометы, распавшейся 20–30 тысяч лет назад.

22.05-01.414 Глобальная система отсчета и ее локальная реализация — государственная система координат 2011 года. *Терещенко В.Е., Радченко А.В., Мелкий В.А. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий).* 2020. 25, № 3, с. 89-106. Рус.

Освещается вопрос интерпретации сетей спутниковых дифференциальных геодезических станций как локальной реализации глобальной системы отсчета. Приведено обоснование предложенного подхода и показаны его преимущества. В частности,

высшее звено в структуре формирования российской государственной координатной основы (системы координат ГСК 2011) — фундаментальная астрономогеодезическая сеть, она является региональной реализацией глобальной системы отсчета. Создание ГСК 2011 велось с ориентировкой на глобальную международную земную систему отсчета (ITRS), однако геодинамические процессы, влияющие на смещение опорных пунктов относительно центра масс Земли, играют разную роль во времени и эволюции систем. В системе ГСК 2011 такие процессы учета не подлежат, поскольку система создана для ведения в ней различных видов прикладной геодезической и картографической деятельности, в которой учет постоянного изменения координат опорных пунктов почти никогда не подразумевается. В этой связи асинхронность движения российской государственной системы координат ГСК 2011 с международной земной системой отсчета ITRS стала приводить к рассогласованности результатов высокоточных спутниковых измерений, выполненных в разное время, разными методами. Исходя из этого необходимостью поиска способа согласования ГСК 2011 с глобальной системой отсчета является актуальной. В статье приводятся скорости изменения параметров связи вышеупомянутых систем, при помощи которых становится возможным согласование результатов высокоточного позиционирования, выполняемого в различных системах, различными методами на различную эпоху. Эксперимент, проведенный во второй части статьи, это подтверждает.

22.05-01.415 Алгоритмы вычисления геодезических высот и широт пунктов по прямоугольным координатам в плоскости меридианного эллипса. Елагин А.В., Кобелева Н.Н. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2020. 25, № 5, с. 17-26. Рус.

Повторные геодезические измерения позволяют оценить такие геодезические элементы, как координаты, высоты, направления, а также представить дискретно поле векторов смещения геодезических пунктов. Полученные векторы позволяют согласно принятой модели определять напряженно-деформированное состояние земной поверхности. Есть обоснованное мнение о значительном присутствии в геодинамических процессах вращательных (вихревых) движений. Показано использование соответствующих алгоритмов для территории Воронежского кристаллического массива. Отдельно возможно вычислять дифференциальные характеристики векторного поля, называемые дивергенцией (div) и ротором (вихрь, rot , curl). В статье предлагается определять поле ротора по дискретным геодезическим наблюдениям векторов смещений на поверхности изучаемой территории. Важнейшим продолжением данной исследовательской работы является методика математического моделирования геодинамических систем в прогнозных целях. Для исследования сложных (нелинейных) геодинамических процессов должна быть выбрана соответствующая математическая основа. Здесь обращено внимание на привлечение математических основ теории поля. Для оценки характеристик векторных полей при использовании повторных геодезических измерений может быть использован метод конечных элементов. Разбиение изучаемой территории на треугольники позволяет определять характеристики деформирования после вычисления элементов тензора деформации. В том числе, находится значение угловой скорости разворота треугольника относительно его центра тяжести. Далее легко вычислить значение ротора. Приведенный в статье пример реальных геодезических наблюдений на Воронежском кристаллическом массиве подтверждает возможность прогноза места готовящегося сейсмического события — землетрясения.

22.05-01.416 Об определении и учете коэффициента рефракции на строительной площадке. Брынь М.Я., Лобанова Ю.В., Афонин Д.А. Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2022. 27, № 1, с. 6-14. Рус.

В современных тахеометрах учет рефракции производится через введение коэффициента рефракции в память прибора. В статье выводятся формулы определения коэффициента рефракции по результатам геодезических измерений зенитных расстояний, горизонтальных проложений, превышений и при-

ведены результаты натурных исследований. Предложена методика создания вертикального базиса, под которым понимается геодезическое построение, состоящее из закрепленных на вертикальной поверхности точек на одной отвесной линии и точек на местности, превышения между которыми определены с высокой точностью. Приведены результаты экспериментальных исследований по определению суточного хода коэффициента рефракции, который показал, что утром и ночью значения коэффициентов рефракции имеют значения положительные, а днем и вечером — отрицательные. Рекомендовано на строительной площадке для повышения точности результатов определять коэффициент рефракции каждые полчаса. Изменение коэффициента в течение получаса не должно превышать 0,2. Если коэффициент рефракции будет превышать это значение, то в результаты измерений необходимо будет вводить поправки за рефракцию.

22.05-01.417 Достоверность локации и постулаты Евклида. Гузевич С.Н. Авиакосмическое приборостроение. 2022. 25, № 3, с. 22-33. Рус.

Статья является развитием использования парной параллактической системы координат в локации, обеспечивающим связь результатов измерений с законом «Золотого сечения». Показано, что при взаимодействии между полями двух объектов обеспечивается построение трехмерной пространственной системы координат, передача информации в которой осуществляется по 4-м параллактическим углам их взаимных наблюдений. Передача информации в продольной плоскости осуществляется проекциями углов, используя для этого прямоугольные треугольники, связанные зависимостью геометрического среднего. Передача информации в плоскости ортогональной продольной плоскости выполняется линейным проектированием. Измерение положения и размеров объектов выполняется на ортогональных осях плоскости измерений в шаре в двух ортогональных плоскостях наблюдений. На ортогональных осях плоскости измерений образы углов наблюдения в шаре связаны тригонометрическими функциями. Ключевые слова: постулаты и аксиомы Евклида, параллактический угол, образ объекта, база, парная параллактическая система координат, физические поля объектов, достоверность, разрешающая способность.

22.05-01.418 Структура дневной магнитосферы Марса: два типа. Вайсберг О.Л., Шувалов С.Д. Астрономический вестник. 2022. 56, № 5, с. 295-306. Рус.

Набор научных приборов с измерениями высокого временного разрешения на космическом аппарате Mars Atmosphere and Volatile Evolution (MAVEN) позволил изучить структуру и свойства дневной магнитосферы Марса. Плазменная оболочка Марса на дневной стороне планеты была обнаружена по наблюдениям на первых орбитальных аппаратах Марса (Vaisberg и др., 1976; Gringauz и др., 1976). Высокое временное и массовое разрешение приборов на MAVEN позволило исследовать структуру и процессы в плазме дневной магнитосферы, плазменный слой, который существует между солнечным ветром, разогретым на ударной волне, и ионосферой (Вайсберг и др., 2017). Показано, что при различных внешних условиях между ионосферой и обтекающим потоком на дневной стороне образуются два различных типа плазменных слоев: (1) смесь нагретых ионосферных ионов и захваченных экзосферных ионов и (2) слой ускоренных электрическим полем солнечного ветра ионов ионосферы, в англоязычной литературе называемый “plume” (плюм, Dong и др., 2015). Первый тип дневной магнитосферы Марса образуется в результате взаимодействия захваченных и ускоренных солнечным ветром ионов кислорода экзосферного происхождения с верхней частью ионосферы Марса (Vaisberg, Shuvalov, 2021). Второй тип дневной магнитосферы Марса формируется при ускорении пучка ионов из внешней ионосферы, который потом переходит в более энергичный пучок плюма в магнитослое. В статье рассмотрены типичные плазменные популяции, их свойства и условия, которые приводят к формированию дневной магнитосферы из материала внешнего слоя ионосферы.

22.05-01.419 Об изучении пространственной переменности состава вещества марса в экспериментах по гамма-спектроскопии на борту мобильного аппарата с применением метода "меченых заряженных частиц".

Митрофанов И.Г., Санин А.Б., Головин Д.В., Никитин С.Ю., Литвак М.Л., Бахтин Б.Н. *Астрономический вестник.* 2022. 56, № 5, с. 307-314. Рус.

Обсуждаются методы изучения переменной в пространстве состава вещества поверхности Марса в экспериментах по гамма-спектроскопии на борту мобильного аппарата — “марсохода”. Показано, что данные о элементном составе вещества в локальных объемах вещества с характерным линейным размером порядка нескольких метров вдоль трассы движения марсохода могут быть получены с применением метода “меченых заряженных частиц” (МЗЧ). Этот метод позволяет исключить из рассмотрения как отсчеты, обусловленные гамма-излучением окружающей поверхности за пределами тестируемого локального района, так и излучение от самого космического аппарата. Также обсуждается метод отождествления состава вещества в тестируемом объеме с известными типами марсианского реголита согласно данным эксперимента APXS. Этот метод основан на сопоставлении измеренных интенсивностей основных характеристических ядерных линий со значениями, соответствующими этим линиям для известных типов реголита. Отмечается, что предложенный метод позволяет экспериментально обнаружить новые типы реголита, состав которых отличается от состава всех ранее известных типов марсианского вещества.

22.05-01.420 **Геодезическое вращение спутников Нептуна.** **Вершков А.Н., Пашкевич В.В.** *Астрономический вестник.* 2022. 56, № 5, с. 315-324. Рус.

Рассмотрены наиболее существенные релятивистские эффекты во вращательной динамике спутников Нептуна (Тритон (N1), Наяда (N3), Таласса (N4), Деспина (N5), Галатей (N6), Ларисса (N7) и Протей (N8)). Впервые определены наиболее существенные вековые и периодические члены геодезического вращения Тритона и шести внутренних спутников Нептуна в углах их вращения относительно неподвижного экватора Земли эпохи J2000.0, определенного в международной системе координат (ICRF), и точки весеннего равноденствия эпохи J2000.0 и в углах Эйлера относительно их собственных систем координат. Исследование показало, что величина геодезического вращения может быть существенной не только у тел, которые вращаются вокруг сверхмассивных центральных тел, но и у близких спутников планет-гигантов. Полученные значения геодезического вращения для исследуемой системы спутников могут быть использованы для численного исследования их вращения в релятивистском приближении, а также использованы для оценки влияния релятивистских эффектов на орбитально-вращательную динамику подобных небесных тел экзопланетных систем.

22.05-01.421 **Эфемериды спутников астероидов и оценка их точности.** **Емельянов Н.В., Arlot J.-E., Hestroffer D., Варфоломеев М.И., Бескакомов А.С.** *Астрономический вестник.* 2022. 56, № 5, с. 325-334. Рус.

Представлены новые результаты по моделированию движения и созданию эфемерид спутников астероидов на основе наблюдений. В предыдущих работах по проекту были построены эфемериды 62 спутников. С тех пор открыты новые спутники астероидов и опубликованы новые наблюдения. В статье даются найденные из наблюдений орбитальные параметры четырех новых спутников. Сообщается об обновлении эфемерид спутников на основе новых наблюдений. Важной и необходимой характеристикой эфемерид является их точность. В настоящей работе показано, как делаются оценки точности эфемерид, даны примеры оценок. Выявлено важное обстоятельство: для большого числа спутников точность эфемерид деградировала к настоящему времени настолько, что эфемериды стали практически непригодными. Имеется острая необходимость новых наблюдений спутников астероидов.

22.05-01.422 **Выявление столкновительных орбит астероидов при заметной нелинейности в задаче улучшения орбиты.** **Батурич А.П.** *Астрономический вестник.* 2022. 56, № 5, с. 335-343. Рус.

Разработан метод выявления столкновительных орбит астероидов в начальной доверительной области при заметной нелинейности в задаче улучшения их орбит. Метод заключается в условной минимизации расстояния от астероида до Земли в

каком-либо его рассматриваемом сближении с Землей. В методе накладывается ограничение на функцию представления наблюдений астероида, определяющее уровенную поверхность, соответствующую некоторой доверительной вероятности. Разработан полуэмпирический способ определения соответствия уровенных поверхностей и доверительной вероятности. Метод протестирован при выявлении столкновительных орбит для четырех потенциально опасных астероидов.

22.05-01.423 **Численное моделирование орбитально-го движения геосинхронных объектов по данным позиционных наблюдений.** **Авдюшев В.А., Бордовичина Т.В., Батурич А.П., Бахтигареев Н.С., Левкина П.А., Попандопуло Н.А., Салейко К.В., Томилова И.В., Чувашов И.Н.** *Астрономический вестник.* 2022. 56, № 5, с. 344-355. Рус.

Представлены результаты численного моделирования движения группы геосинхронных объектов по позиционным наблюдениям, полученным на уникальной научной установке Цейс—2000 в ЦКП “Терскольская обсерватория” Института астрономии РАН. Дано описание усовершенствованного высокоточного программно-математического обеспечения (ПО), предназначенного для работы с позиционными наблюдениями ИСЗ, приведены результаты его апробации на наблюдениях околоземных объектов, выполненных на указанной выше установке Цейс—2000. Модифицированное ПО позволяет определять вектор динамического состояния околоземного объекта и его параметр парусности. Апробация проводилась на наблюдениях геосинхронных объектов с номерами 90 008, 90 031, 90 214 и 97 149 (номера объектов даны в соответствии с нумерацией в динамической базе данных космических объектов Института прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН). Полученные параметры использованы для исследования долговременной орбитальной эволюции объектов. Показано, что три объекта (90 008, 90 031, 90 214) захвачены в резонанс 1 : 1 со скоростью вращения Земли и имеют на интервале времени 10 лет устойчивое движение во вращающейся системе координат, близкое к гармоническому осциллятору. Объект 97149 не является резонансным, но его движение остается регулярным на интервале времени 10 лет.

22.05-01.424 **О степенном законе для описания распределения фрагментов разрушенного космического тела по массам.** **Брыкина И.Г., Егорова Л.А.** *Астрономический вестник.* 2022. 56, № 5, с. 356-368. Рус.

Важной характеристикой разрушения космических тел (астероидов при их столкновении в космическом пространстве, метеороидов и астероидов, входящих в атмосферу Земли) является распределение их фрагментов по массам. Кумулятивное распределение фрагментов по массам, полученное с применением степенного закона для распределения по массам в дифференциальной форме, зависит от безразмерной массы фрагмента, отнесенной к общей массе (массе тела до разрушения), от массовой доли наибольшего фрагмента и от показателя степени и дает нелинейную зависимость кумулятивного числа фрагментов от массы в логарифмических координатах, в отличие от используемой в литературе линейной зависимости. Формула для кумулятивного числа фрагментов тестируется путем сравнения с результатами ударных экспериментов, выполняемых для моделирования фрагментации астероидов при их столкновении в космическом пространстве. Сравнение проводится для тел разной формы, массы и состава, с разными пределами прочности, в широком диапазоне скоростей соударения. Оцениваются найденные значения степенного индекса, являющегося свободным параметром, подбираемым для наилучшего совпадения теоретического распределения с эмпирическим распределением. Обсуждается применимость степенного распределения фрагментов по массам для описания экспериментальных результатов при разрушениях различных типов.

22.05-01.425 **О параметрическом резонансе в окрестности точки либрации L_1 плоской ограниченной фотогравитационной задачи трех тел.** **Авдюшкин А.Н.** *Труды МАИ.* 2022, № 6, с. 126—133. Рус.

Рассматривается плоская эллиптическая ограниченная фотогравитационная задача трёх тел, т.е. исследуется движение тела малой массы под влиянием как гравитационных сил, так и

сил светового давления, действующих со стороны двух массивных тел, которые движутся по известным кеплеровским орбитам. Предполагается, что движение всех трех тел происходит в одной плоскости. В данной задаче существует частное решение, описывающее движение тела малой массы, при котором оно находится на отрезке между притягивающими центрами в так называемой коллинеарной точке либрации L_1 . В данной работе исследуется задача об устойчивости коллинеарной точки либрации в случае малого эксцентриситета орбит массивных тел. Система уравнений возмущенного движения записана в гамильтоновой форме. Установлено, что в данной системе возможны как основной, так и комбинационный параметрические резонансы, приводящие к неустойчивости L_1 . Методом малого параметра в явном виде получена нормальная форма квадратичной части функции Гамильтона уравнений возмущенного движения. Это позволило свести линейную задачу об устойчивости L_1 к эквивалентной задаче об устойчивости линейной автономной системы с нормализованным гамильтонианом. На основе этой автономной системы были найдены явные выражения, определяющие границы областей параметрического резонанса и получены условия устойчивости L_1 в линейном приближении.

22.05-01.426 Численное моделирование столкновений сфероидальных галактик: эффективность потери массы барионными компонентами. Титов А.В., Хоперсков А.В. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2022. 9, № 1, с. 176-189. Рус.

На основе численного моделирования подробно рассмотрена динамика столкновения двух сфероидальных галактик, каждая из которых состоит из массивной подсистемы темной материи, звездной и газовой компонент, располагающихся внутри темного гало. Темное вещество и звезды являются бесстолкновительными системами, поэтому их динамика описывается моделью N тел, а газовая компонента — уравнениями газодинамики. Для вычисления гравитационных сил мы применяем метод прямого суммирования гравитационного вклада от каждой частицы, обеспечивая максимально возможную точность. Мы варьируем прицельный параметр, скорость начального сближения, массы трех компонент у каждой модели галактик с целью оценить относительные доли потерянных масс каждой из галактик в результате близких взаимодействий, а также доли масс газа и звезд, которыми обмениваются галактики в процессе рассеяния. Для оценки массы газа, которым обмениваются сталкивающиеся объекты, мы используем лагранжев подход для моделирования газодинамики — метод Smoothed Particle Hydrodynamics, позволяющий отслеживать траекторию каждой сглаженной частицы. В моделях столкновения близких по массе галактик наибольшие потери у бесстолкновительных компонент (темная материя + звезды) происходят в области параметров, разделяющих слияние двух объектов в один (большой мерджинг), от случая рассеяния, когда после взаимодействия обе гравитирующие системы удаляются друг от друга. Если начальные массы галактик различаются сильно, то теряемая относительная доля массы велика у маломассивного объекта и мала у массивной галактики. Формирование глобальных ударных волн в сталкивающихся системах является ключевым фактором, определяющим эффективность выметания газа из гравитационных потенциальных ям. Эффективность перехода звездной компоненты от одного объекта к другому пренебрежимо мала. Обмен газом может превышать 10% для узкого интервала значений прицельного параметра и начальной скорости столкновения.

22.05-01.427 Сравнение моделей относительного движения группы космических аппаратов. Сулова И.А., Маштаков Я.В., Шестаков С.А. Мат. моделир. 2022. 34, № 6, с. 75-91. Рус.

Приводится обзор моделей относительного движения нескольких спутников в группе, использующих для описания положения относительные координаты. Сравняется точность декартовых и криволинейных координат в линейных моделях движения. Показано, что использование криволинейных координат позволяет существенно улучшить точность описания относительного движения, особенно на больших размерах относитель-

ных орбит. Рассмотрение криволинейных координат приводится на примере моделей движения Хилла-Клохесси-Уилтшира и Швайгхарта—Седвика.

22.05-01.428 Ньютоновская космология и релятивистская теория. Новиков И.Д., Новиков И.Д.(мл.) Астрон. жс. 2022. 99, № 7, с. 531-536. Рус.

Авторы опровергают ошибочные утверждения, возникшие в теоретической космологии почти 90 лет назад. Рассматривается принятый в литературе метод вывода локальных свойств Фридмановской космологической модели, пользуясь только теорией Ньютона, без обращения к теории Эйнштейна. Показано, что обычный метод такого вывода недостаточен для получения правильного результата, и ведет к ошибкам. Сформулированы требования, являющиеся достаточными для того, чтобы Ньютоновская модель действительно являлась приближением к релятивистской теории.

22.05-01.429 Межзвездное поглощение в высоких галактических широтах: аналитическое приближение. Малков О.Ю., Авдеева А.С., Ковалева Д.А., Некрасов А.Д. Астрон. жс. 2022. 99, № 7, с. 537-546. Рус.

По данным спектроскопического обзора RAVE DR6 и астрометрического обзора Gaia DR2/EDR3 были получены зависимости межзвездного поглощения от расстояния ($A_V(d)$) для ряда высокоширотных площадок южного неба. Эти зависимости были аппроксимированы классической барометрической функцией (законом косеканса). Параметры функции были затем аппроксимированы сферическими функциями. Результирующая аналитическая трехмерная модель межзвездного поглощения может использоваться для оценки значений A_V для звезд Галактики с известными параллаксами, а также значений полного (галактического) поглощения A_{Gal} в данном направлении.

22.05-01.430 Световое уравнение в изменениях орбитального периода затменно-двойных систем TT Del, EU Hya и SV Tau. Халиуллина А.И. Астрон. жс. 2022. 99, № 7, с. 547-557. Рус.

В затменно-двойных системах TT Del, EU Hya и SV Tau изучены изменения орбитального периода. Показано, что изменения периодов этих систем можно представить в виде только циклических колебаний без векового изменения. Циклические изменения периодов EU Hya и SV Tau можно объяснить световым уравнением вследствие присутствия третьего тела в системе. Период движения в долгопериодической орбите составляет 22.7 года в EU Hya и 107.5 года в SV Tau. Минимальные массы дополнительных тел в этих системах равны соответственно 0.26 и 0.38 M_{\odot} . В TT Del наблюдается суперпозиция двух циклических изменений орбитального периода с периодами 21.1 и 54.5 года. Изменения периода TT Del можно объяснить как световым уравнением, так и магнитными циклами.

22.05-01.431 Изучение шкал расстояний по цефеидам с данными из каталога Gaia EDR3. Бобылев В.В., Байжова А.Т. Астрон. жс. 2022. 99, № 7, с. 558-568. Рус.

Изучена кинематика выборки классических цефеид моложе 120 млн. лет. Для этих звезд имеются оценки расстояний из работы Скворон и др., основанные на соотношении “период—светимость”, лучевые скорости и собственные движения из каталога Gaia. Имеются также оценки расстояний до них, базирующиеся на тригонометрических параллаксах из каталога Gaia EDR3. Метод, основанный на сравнении первой производной угловой скорости вращения Галактики, показал необходимость удлинения шкалы расстояний Скворон и др. примерно на 10%. Такой вывод подтвержден путем непосредственного сравнения с расстояниями, основанными на использовании тригонометрических параллаксов. Получены новые оценки параметров вращения Галактики и параметров спиральной волны плотности с учетом этого обстоятельства.

22.05-01.432 Ревизованная версия нового каталога звезд, заподозренных в переменности блеска, NSV Release 2. Казаровец Е.В., Самусь Н.Н., Дурлевич О.В. Астрон. жс. 2022. 99, № 7, с. 569-575. Рус.

Представлена электронная версия NSV Release 2 “Нового каталога звезд, заподозренных в переменности блеска”. Дано подробное пофайловое описание предлагаемой новой версии ката-

лога. По структуре каталог сохранен как исторический документ, однако представленная в нем информация существенно изменена по сравнению с первой электронной версией. Многократно улучшена позиционная точность объектов каталога, пересмотрены фотометрические и спектральные данные для большинства из них. Изменены примечания. В отсутствие поисковых карт переоткрыта переменность 2800 звезд каталога, несмотря на большие ошибки опубликованных для них координат. По фотометрическим данным различных обзоров неба изучено и переведено в Общий каталог переменных звезд около 5000 звезд NSV.

22.05-01.433 Сверхскоростные свободные планеты как продукт столкновения их родительских систем со сверхмассивными черными дырами. *Дремova Г.Н., Дремova В.В., Тутуков А.В.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 7, с. 576-594. Рус.

Данная статья продолжает поиск механизмов образования свободных планет и рассматривает проблему динамического захвата планетной системы окрестностью сверхмассивной черной дыры (СМЧД) с массой в миллион солнечных масс. Используется упрощенная модель планетной системы, включающей родительскую звезду солнечной массы, планету-гигант с массой Юпитера и N малых тел типа астероидов, комет и карликовых планет (АКП объекты), коорбитальных с планетой-гигантом. Постановка численного моделирования сводится к задаче четырех тел, дублированной N раз. Изучены спектры скоростей рассеяния АКП объектов в зависимости от параметров столкновения: перигелического сближения и угла подлета планетной системы к СМЧД. Отмечается эффективность гравитационного рассеяния планетной системы на СМЧД: до 50% всех малых планетных тел получают статус свободных объектов, включая ~1% сверхскоростных АКП со скоростями до тысячи и больше километров в секунду. Анализируется доля АКП объектов, разрушенных или поглощенных СМЧД. В работе приведена оценка частоты столкновений планетных систем с СМЧД, исходя из которой допускается существование хорошо населенного компонента свободных планет, астероидов и комет в плотных ядрах галактик.

22.05-01.434 Солнечные фотосферные магнитные поля, корональные выбросы массы и радиовсплески II типа в 23 и 24 циклах. *Биленко И.А.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 7, с. 595-611. Рус.

Рассмотрены события радиовсплесков II типа (РВИ) в декаметровом и гектометровом диапазонах от 1 до 16 МГц и зависимости параметров сопутствующих корональных выбросов массы (КВМ) от фоновых характеристик плазмы и значений межпланетного магнитного поля (ММП) в областях начала регистрации каждого радиовсплеска в 23 и 24 циклах солнечной активности. ММП рассчитывалось по данным крупномасштабных фотосферных магнитных полей на расстояниях регистрации РВИ. Результаты свидетельствуют, что число РВИ, средние значения параметров плазмы и ММП изменяются в виде отдельных импульсов в обоих циклах и характер их изменения отличается в 23 и 24 циклах. Различия в параметрах плазмы, ММП и КВМ могли стать причиной снижения числа РВИ в 24 цикле. Большинство РВИ в 23 и 24 циклах, и основное снижение их числа в 24 цикле, наблюдаются для выбросов с альфеновскими числами Маха 1–2.9. Наибольшее число РВИ в 23 цикле соответствует значениям ММП 0–30 μ T, а в 24 — 30–50 μ T. Основное снижение числа РВИ в 24 цикле произошло за счет событий, наблюдавшихся при ММП 0–30 μ T. Значительная часть регистрируемых, в основном, в периоды максимума солнечной активности КВМ с генерацией РВИ, составляющая 61 (18.05%) в 23 цикле, и 31 (17.22%) в 24 цикле, имеют альфеновские числа Маха меньше единицы. Возможно, что в этих событиях реализуется иной, не плазменный, механизм генерации РВИ.

22.05-01.435 Определение параметров гравитационного поля Земли по градиентометрическим измерениям. *Клюйков А.А.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 7, с. 612-615. Рус.

Рассмотрены цели и задачи проекта GOCЕ, используемые измерительная информация и стратегия обработки данных при определении параметров гравитационного поля Земли, а также

продукты, получаемые в результате математической обработки данных различного уровня. Кроме этого, рассмотрены системы координат и времени, используемые при обработке измерительной информации. Затем выполнен анализ уравнения поправок градиентометрических измерений, и приведен алгоритм вычисления коэффициентов и свободных членов уравнений поправок в случае использования прямого подхода при математической обработке измерительной информации с целью определения параметров гравитационного поля Земли.

22.05-01.436 Erratum to: Выметание пыли давлением излучения звезд и особенности химического состава дисковых галактик. *Сивкова Е.Э., Вибе Д.З., Шустов Б.М.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 7, с. 616-616. Рус.

DOI: 10.31857/S0004629922080059.

22.05-01.437 Либрации в двойных барах галактик. *Кондратьев В.П., Киреева Е.Н., Корноузов В.С., Трубицына Н.Г.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 8, с. 619-627. Рус.

Разработан новый аналитический метод исследования взаимных поворотных колебаний (либраций) гравитирующих звездных эллипсоидов, образующих двойные бары в дисковых галактиках. Модель двойного бара представлена суперпозицией двух концентрических несоосных эллипсоидов (бар 1 и бар 2), имеющих разные масштабы и массы. Рассмотрены два варианта модели: с однородными барами и со слоисто-неоднородным внешним баром 2. Для каждой модели получены выражения взаимной гравитационной энергии эллипсоидов и рассчитан момент сил между ними, построены лагранжианы и выводятся дифференциальные уравнения нелинейных либраций баров относительно “срединной” плоскости. Найдены решения этих уравнений, вычислены частоты и периоды либраций как в общем нелинейном случае, так и в приближении гармонических колебаний. Обсуждается приложение метода к изучению динамики других подсистем галактик.

22.05-01.438 Эволюция мазерного излучения ОН в области активного звездообразования W75 N. II. Исследования в линиях 1667 и 1720 МГц. *Ашимбаева Н.Т., Леат Е.Е., Пащенко М.И., Краснов В.В., Толмачев А.М.* *Астрон. ж.* 2022. 99, № 8, с. 628-649. Рус.

Представлены результаты мониторинга мазерного источника ОН W75 N в главной 1667 МГц и спутательной 1720 МГц линиях, выполненного в 2007–2020 гг. на радиотелескопе в Нансе (Франция). Период 2007–2009 гг. характерен высокой активностью мазера в целом во всех линиях, кроме 1612 МГц, где излучение имеет тепловой характер. В процессе выполнения мониторинга обнаружены сильные временные вариации плотности потока и параметров поляризации для большинства спектральных деталей. Обнаружено, что степень круговой поляризации (m_C), а также степень (m_L) и поляризационный угол (χ) линейной поляризации меняются со временем по определенным закономерностям, либо меняются очень мало. Имеется корреляция переменности этих параметров с переменностью плотности потока. При этом лучевые скорости деталей меняются очень слабо. Проведено отождествление спектральных деталей в обеих линиях (1667 и 1720 МГц) с мазерными пятнами на VLBA картах, полученных в апреле 2008 г. С мазерными пятнами, проецируемыми на VLA 1 (молекулярный поток), мы отождествили семь спектральных деталей в линии 1667 МГц и одиннадцать в линии 1720 МГц. Они расположены в разных частях большой дуги и хорошо иллюстрируют тот факт, что ориентация вектора магнитного поля более или менее монотонно меняется вдоль дуги. С мазерными пятнами, проецируемыми на VLA 2 (кеплеровский диск), отождествлено семь спектральных деталей в линии 1667 МГц. Они образуют малую дугу, которая направлена от VLA 2. Векторы магнитного поля, связанные с мазерными пятнами, ориентированы перпендикулярно к этой дуге. После вспышек излучения на 0.38 и 1.2 км/с векторы магнитного поля этих деталей стали ориентированы вдоль дуги. Для трех зеemanовских пар в линии 1667 МГц (VLA 2) определена величина продольного магнитного поля. Во всех случаях поле направлено к наблюдателю. У двух деталей (–4.9 и 1.2 км/с) обнаружено монотонное изменение позиционного угла на величину 140 и 110°, при этом скорость поворота плоскости поляризации составляет 5°/мес и 7°/мес соответственно. Об-

наружено, что во время кратковременной вспышки детали 5.3 км/с в VLA 1 изменялись все параметры поляризации, а после вспышки все они восстановились.

22.05-01.439 Сравнение углов между магнитным моментом и осью вращения для двух групп радиопульсаров. Кенько З.В., Малов Ф. Астрон. жс. 2022. 99, № 8, с. 650-674. Рус.

Проведены вычисления углов β между осью вращения и магнитным моментом в двух группах радиопульсаров, отличающихся периодами ($P > 2$ с и 0.1 с $< P < 2$ с). Использованы два метода. Первый основан на наблюдаемых ширинах импульса и дает минимальные значения угла β_1 . Распределения этих углов значимо отличаются для указанных групп объектов. Во втором методе используются поляризационные данные, позволяющие вычислить более точные величины β_2 . Намечается бимодальность в распределении значений β_2 для пульсаров с $P \gg 2$ с. Близость средних величин β_2 (47.6° для долгопериодических пульсаров и 35.6° для источников с более короткими периодами) не позволяет объяснить обнаруженное ранее различие поведения этих двух групп на диаграмме $(dP/dt)-(P)$ уменьшением роли магнитодипольного излучения из-за уменьшения β . Проведенные нами оценки показали, что наблюдаемое различие может быть объяснено разной зависимостью мощностей пульсарного ветра и магнитодипольного торможения от периода пульсара. Торможение пульсаров с $P > 2$ с вызвано в основном пульсарным ветром.

22.05-01.440 Современная звездная астрономия. Малков О.Ю., Поляченко Е.В. Астрон. жс. 2022. 99, № 8, с. 675-683. Рус.

Представлен аналитический обзор современного состояния проблем звездной астрономии. Он преимущественно базируется на докладах, сделанных на конференции “Современная звездная астрономия” (ГАИШ МГУ, август 2021).

22.05-01.441 О некорректности правила Гневывшева—Оля в объединении четно-нечетных циклов 11-летней солнечной активности в физические пары и высоте максимума xxv и xxvi циклов. Абдусаматов Х.И. Астрон. жс. 2022. 99, № 8, с. 684-693. Рус.

Гневывшев и Оля, используя ряд с достаточно малой статистикой событий, предложили объединять 11-летние циклы солнечной активности (СА) в отдельные физические пары четный-нечетный, где относительная интенсивность нечетного цикла выше, чем предшествующего четного цикла. Однако данное правило может выполняться только на фазе роста продолжительного и более мощного квазидвухвекового цикла (КДВЦ), когда интенсивность каждого последующего 11-летнего цикла больше интенсивности предыдущего, и нарушаться на фазе спада КДВЦ, когда, наоборот, мощность каждого последующего цикла становится меньше предыдущего. Значительно мощней и более чем на порядок длительный квазидвухвековой цикл определяет и управляет физическими параметрами и последовательными вариациями амплитуды интенсивности коротких и слабых квази-11 летних циклов СА в зависимости от фазы его вариаций. В период фазы спада КДВЦ продолжительность 11-летних циклов солнечной активности последовательно увеличивается, а высота уровня их максимума и относительная интегральная мощность последовательно уменьшаются. Противоположные соотношения наблюдаются в фазе его роста. Впервые утверждается, что правило Гневывшева—Оля выполняется как следствие последовательного роста интегральной мощности коротких 11-летних циклов только в течение периода фазы роста квазидвухвекового цикла и нарушается последовательным уменьшением их мощности в течение периода фазы спада. В XXV и XXVI циклах, развивающихся в период фазы спада КДВЦ, сохранится тенденция последовательного уменьшения высоты максимума солнечной активности до 110 ± 25 и 60 ± 35 (до 65 ± 15 и 35 ± 20 в версии 1.0 системы подсчета) единиц относительного числа пятен соответственно.

22.05-01.442 Спутниковые мегасозвездия и проблема темного и спокойного неба. Шустов В.М. Астрон. жс. 2022. 99, № 8, с. 694-704. Рус.

В последние годы большое внимание в мире уделяется проблеме влияния технологий на перспективы развития астро-

номических наблюдений с поверхности Земли и из околоземного космического пространства. Проблема получила название Dark and Quiet Sky (Темное и спокойное небо). Выделяют три категории искусственных помех, отрицательно влияющих на астрономические наблюдения: а) освещение городов или искусственное освещение в ночное время; б) оптические/инфракрасные следы спутников на низкой околоземной орбите; и в) передача радиосигналов наземными и космическими излучателями, особенно со спутников на низкой околоземной орбите. Обострение озбоченности помехами категорий б) и в) связано с бурным развитием большого количества спутников на низких околоземных орбитах, предназначенных для обеспечения глобальной сетевой связи. Примеры таких спутниковых созвездий, реализация которых идет полным ходом, известны всем. Это мегасозвездия Starlink, OneWeb, Amazon, Samsung и др., включая отечественный проект Сфера. За последние два года астрономы и другие эксперты по наблюдениям объектов в ОКП провели несколько международных конференций по данной тематике. В общем, мировое астрономическое сообщество активно готовится к парированию опасностей, связанных с проблемой Dark and Quiet Sky, и Россия не может оставаться в стороне, хотя пока что вклад России здесь незначителен. Отчасти это связано с недостаточной информированностью российских специалистов и лиц, ответственных за принятие решений, с сутью проблемы и с ее нарастающей остротой. В этом кратком обзоре обсуждаются как технические, так и организационные аспекты влияния крупных спутниковых группировок на обострение проблемы темного и спокойного неба.

22.05-01.443 Лес линий лайман-альфа и ультрафиолетовый фон. Демянский М.И., Дорошкевич А.Г., Ларченко Т.И. Письма в Астрон. жс. 2022. 48, № 7, с. 475-484. Рус.

DOI: 10.31857/S032001082207004X.

22.05-01.444 Поиск рентгеновского излучения, предшествующего слиянию двойных нейтронных звезд, в данных обзора всего неба обсерваторией Спектр-РГ. Мереминский И.А., Лутовинов А.А., Постнов К.А., Арефьев В.А., Лапшов И.Ю., Мольков С.В., Сазонов С.Ю., Семена А.Н., Ткаченко А.Ю., Штыковский А.Е., Лью Ж., Вилмс Й., Рау А., Доузер Т., Крейкеном И. Письма в Астрон. жс. 2022. 48, № 7, с. 485-491. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822070063.

22.05-01.445 Параметры галактической спиральной волны плотности по мазерам с ошибками параллакса менее 10%. Бобылев В.В., Байкова А.Т. Письма в Астрон. жс. 2022. 48, № 7, с. 492-505. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822070014.

22.05-01.446 Рентгеновские струи SS 433 в период вспышечной активности летом 2018 года. Медведев П.С., Хабибуллин И.И., Семена А.Н., Мереминский И.А., Трушкин С.А., Шевченко А.В., Сазонов С.Ю. Письма в Астрон. жс. 2022. 48, № 7, с. 506-522. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822070051.

22.05-01.447 Влияние активных областей на характеристики солнечного ветра в максимуме цикла. Богачёв С.А., Рева А.А., Кириченко А.С., Ульянов А.С., Лобода И.П. Письма в Астрон. жс. 2022. 48, № 7, с. 523-532. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822070038.

22.05-01.448 Каталог квазаров, созданный по результатам среднеполосного фотометрического обзора на 1-м телескопе ШМИДТА. Котов С.С., Додонов С.Н., Мовсесян Т.А., Гроховская А.А. Письма в Астрон. жс. 2022. 48, № 8, с. 535-552. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822080046.

22.05-01.449 Параметры волны рэдкилфа по мазерам, радиозвездам и звездам типа Т Тельца. Бобылев В.В., Байкова А.Т., Мишуков Ю.Н. Письма в Астрон. жс. 2022. 48, № 8, с. 553-561. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822070026.

22.05-01.450 Вспышки 2012 года сверхновой 2009 IP: от сценария к модели. *Чугай Н.Н.* *Письма в Астрон. жс.* 2022. 48, № 8, с. 562-567. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822080022.

22.05-01.451 Моделирование горения и нуклеосинтеза в термоядерной сверхновой. *Глазырин С.И., Панов И.В.* *Письма в Астрон. жс.* 2022. 48, № 8, с. 568-576. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822080034.

22.05-01.452 Содержание скандия У F-G-K звезд в широком диапазоне металличности. *Машонкина Л.И., Романовская А.М.* *Письма в Астрон. жс.* 2022. 48, № 8, с. 577-591. Рус.

DOI: 10.31857/S0320010822080058.

22.05-01.453 Стабилизация орбитального движения солнечного паруса в окрестности коллинеарной точки либрации за счет изменения отражательной способности. *Шиманчук Д.В., Шмыров А.С., Шмыров В.А.* *Письма в Астрон. жс.* 2022. 48, № 8, с. 592-600. Рус.

DOI: 10.31857/S032001082208006X.

22.05-01.454 Планарное приближение в теории динамо со случайными коэффициентами при наличии вертикальных потоков спиральности. *Сердюков М.Г., Мизайлов Е.А.* *Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, с. 2240704. Рус.

Генерация магнитных полей в различных космических объектах описывается с помощью механизма динамо. В случае галактик одной из наиболее эффективных моделей является планарное приближение, созданное для тонких дисков. Оно характеризует эволюцию поля с помощью усредненных значений параметров, связанных с кинематическими характеристиками межзвездной среды. Между тем, в случае наличия ряда активных процессов необходимо рассматривать существенные флуктуации данных параметров, а также вертикальные потоки. В настоящей работе рассмотрены уравнения для динамо в тонком диске со случайными коэффициентами, исследованы различные случайные возмущения, представляющие как астрономический, так и математический интерес. Показано наличие перемежаемости, когда старшие моменты растут быстрее младших. Важно отметить, что в настоящей работе использовались большие выборки, на порядки превышающие те, которые применялись в предшествующих работах.

22.05-01.455 Модернизация телескопа «Синтез» в Крымской астрофизической обсерватории. *Назаров С.В., Харченко А.В.* *Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, <http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2022/4>. Рус.

В 1978-м году в Крымской астрофизической обсерватории (КрАО) был введен в строй экспериментальный телескоп «Синтез». Целью его создания была отработка технологий сегментированной оптики, а также системы контроля пространственного положения зеркал, в том числе и с возможностью компенсации турбулентности в земной атмосфере благодаря быстрым подвижкам каждого зеркала по двум осям. В начале 2018-го года было принято решение о его восстановлении с созданием новой оптики и системы управления. В 2021-м году была изготовлена система управления, а на главной трубе телескопа закреплен временный 350 мм телескоп, что позволило приступить к первым тестовым и научным наблюдениям. Автоматизация наблюдений предъявляет повышенные требования к защите телескопа от множества факторов. Поэтому авторами был реализован ряд защитных функций, исключающих аварийные ситуации без участия человека. Научные задачи: фотометрия и астрометрия широкого круга объектов, алертные наблюдения (послесвечения гамма-всплесков, гравитационно-волновые события), поисковые работы (астероиды и кометы, новые и сверхновые, транзиенты и др.). В работе Представлено подробное описание процесса восстановления, модернизация телескопа и первые результаты.

22.05-01.456 О возможности краткосрочного прогноза геомагнитных возмущений на примере выброса корональной массы в ноябре 2021 г. *Лукманов В.Р., Тюльбашев С.А., Чашей И.В.* *Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, с. 2240201. Рус.

Кратко описаны результаты предыдущих работ по наблюдению межпланетных мерцаний на модернизированном радиотелескопе меридионального типа БСА ФИАН. Представлены результаты наблюдения выброса корональной массы (СМЕ) и связанной с ним сильной магнитной бури в ноябре 2021 года. Увеличение мерцаний началось на гелиоцентрическом расстоянии 0.7 астрономических единиц через 27.5 часов после вспышки, а магнитная буря началась через 14.5 часов после начала усиления мерцаний. Результаты анализа этого события иллюстрируют возможность краткосрочного предсказания космической погоды по данным мониторинга межпланетных мерцаний.

22.05-01.457 Автоматический поиск гигантских галактик низкой поверхностной яркости. *Самородова Е.Б.* *Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, с. 2240202. Рус.

Гигантские галактики низкой поверхностной яркости (gLSB) сложно обнаружить вследствие наличия слабой протяженной периферии, которая слабо заметна на фоне неба. При этом исследование подобных галактик необходимо для уточнения механизмов формирования и эволюции гигантских дисковых галактик. Для увеличения количества известных гигантских галактик низкой поверхностной яркости планируется использовать модели машинного обучения для решения задачи бинарной классификации. Для снижения размерности задачи в качестве обучающих данных предполагается использовать радиальные профили яркости галактик, полученные методом обработки фотометрических fits-изображений галактик обзора HSC2. Для этого была разработана система поточной обработки изображений галактик и проведен изофотный анализ 26008 галактик в визуальном проинспектированном ранее квадранте неба, включая 27 gLSB и 13 гигантских дисковых галактик. Все полученные профили были яркости визуализированы на одном графике, вследствие чего был сформулирован критерий для отбора галактик: у потенциально интересных объектов отношение сигнал/шум на расстоянии 30 кпк от центра должно быть не менее 2 в фильтрах g и r для того, чтобы протяженная периферия явно детектировалась на фоне неба.

22.05-01.458 Линии водорода и гелия за фронтом ударной волны в атмосферах долгопериодических переменных. *Малютин В.А., Белова О.М., Бычков К.В.* *Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, с. 2240203. Рус.

Моделируется высвечивание газа в атмосферах долгопериодических переменных типа *o* Ceti, вызванное прохождением ударных волн; рассматриваются бальмеровский декремент, потоки в пашеновских линиях P β , P γ , P δ и линиях атома гелия HeI λ 4471, HeI λ 10830. В задаче использовалась модель двухтемпературной плазмы; модель нестационарного заселения дискретных уровней атомов водорода и гелия и их состояний ионизации, при этом учитывались основные элементарные процессы, протекающие в поле чернотельного излучения фотосферы. Рассеяние излучения в частоте спектральных линий рассматривалось в приближении Бибермана—Холстейна—Соболева. Рассчитанный бальмеровский декремент оказывается чувствителен к изменению концентрации невозмущенного газа. При концентрации $10^{12}-10^{13}$ см $^{-3}$ и скорости фронта 50 км/с линии гелия более чем на порядок слабее пашеновских линий водорода и H γ . При большей скорости (60—70 км/с) поток в линии HeI 10830 становится сравним с потоками в пашеновских линиях.

22.05-01.459 Морфология остатка сверхновой Vela Jr. и поток ультрафиолетового излучения от остатка в оценке возраста объекта и расстояния до него. *Проничева С.А.* *Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2022, № 4, с. 2241601. Рус.

Цель работы: изучение морфологии остатка сверхновой RX J0852.0-4622 в разных диапазонах длин волн для установления расстояния до объекта и его возраста. Материалы и методы: в работе использовались данные об излучении RX J0852.0-4622 в экстремальном ультрафиолете на длине волны 83 Å, полученные спутником EUVE. Для расчета скорости счета фотонов от остатка была написана программа, позволяющая проводить требуемую обработку файлов в формате FITS. Вы-

числение потока УФ-излучения было проведено при помощи программного обеспечения PIMMS. Морфология остатка была определена по его изображениям в УФ, рентгене, радио и гамма-диапазонах. Результаты: поток экстремального УФ излучения от RX J0852.0-4622 принимает значения в диапазоне 2.128–6.390 фотонов $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$. Морфология остатка сверхновой RX J0852.0-4622 имеет биполярное строение: выявлена двухкольцевая структура. Расстояние до Vela Jr.: 275 парсек, возраст остатка: 600–1200 лет. Заключение: рассчитанный поток экстремального УФ свидетельствует о близком расположении объекта относительно Земли. Полученные значения расстояния до остатка RX J0852.0-4622 и его возраста говорят о том, что Vela Jr. является крайне близким к Земле молодым остатком сверхновой.

22.05-01.460 Вычисление и аппроксимация оптических искажений телескопа СФЕРА-3. *Азра К.Ж., Галкин В.И. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 4, с. 2241602. Рус.*

Изучены оптические искажения серия телескопов СФЕРА. Сферическое зеркало создает на мозаике телескопа изображение искаженной формы по сравнению с формой изображаемого объекта. Искажения тем больше, чем дальше расположен объект от оси зеркала. Фактически происходит сжатие пространства изображения в радиальном направлении. Эти искажения мешают дальнейшей обработке образов ШАЛ, регистрируемых мозаикой ФЭУ телескопа. Возникает необходимость компенсировать эти искажения образом, чтобы приблизить их форму к форме изображаемых объектов, в нашем случае — пятен черенковского света на снегу от ШАЛ.

22.05-01.461 Принцип конечного действия и несингулярные космологические модели. *Юрова А.А., Юров В.А., Юров А.В. Вестник Балтийского федерального ун-та. Физико-математические науки. 2021, № 4, с. 97-113. Рус.*

Предпринята попытка рассмотреть гипотетические космологические модели, свободные от сингулярностей двух типов: расходящегося действия и расходящейся скалярной кривизны. Такие модели образуют чрезвычайно узкий подкласс и выглядят достаточно неестественно. Тем не менее наша цель — показать, что такие космологии возможны в принципе без вступления в противоречие с текущими физическими парадигмами.

22.05-01.462 Лабораторное моделирование структур джетов молодых звезд. *Крауз В.И., Харрасов А.М., Ламзин С.А., Додин А.В., Мялтон В.В., Ильичев И.В. Физика плазмы. 2022, 48, № 6, с. 506-518. Рус.*

Представлены результаты лабораторного моделирования джетов молодых звезд на установке плазменный фокус ПФ-3 в НИЦ «Курчатовский институт». Изучался вопрос о причинах, приводящих к различию в пространственной структуре плазменных выбросов при разряде в газах разного химического состава — неон, гелий и гелий с примесью неона. Было найдено, что наиболее структурированным является поток в случае чистого неона: передняя кромка выброса состоит из многочисленных уплотнений, что по внешнему виду делает его весьма похожим на уплотнения в джетах молодых звезд, так называемых объектах Хербига—Аро. Наименее структурированным выглядит выброс в случае чистого гелия, однако при добавке к гелию всего 1% неона существенно меняется форма головной части выброса, в нем становится заметной мелкомасштабная структура. Оценки показывают, что эти особенности могут быть связаны с различием эффективности охлаждения исследуемых газов как в самом плазменном выбросе, так и в ударной волне, возникающей при его движении через фоновый газ. Сделано предположение, что основной причиной появления неоднородностей в плазменном сгустке, как и в случае объектов Хербига—Аро, являются различного рода неустойчивости, которые развиваются при наличии эффективного радиационного охлаждения. Кроме того, было найдено, что в ряде случаев плазменный выброс может состоять из нескольких почти параллельно летящих сгустков, которые возникают уже на стадии пинчевания плазмы. Столкновение ударных волн, порождаемых каждым из сгустков, приводит к возникновению уплотнений, что также способствует формированию кружевной структуры плазменного выброса.

22.05-01.463 Модифицированное уравнение Захарова—Кузнецова для описания низкочастотных нелинейных возмущений в плазме запыленной экзосферы Луны. *Кассем А.И., Копкин С.И., Попель С.И., Зеленый Л.М. Физика плазмы. 2022, 48, № 9, с. 871-878. Рус.*

Получено нелинейное уравнение, описывающее динамику нелинейных волновых структур в пылевой плазме над освещенной частью Луны в случае низких частот и блинообразной формы волнового пакета вдоль внешнего магнитного поля. Данное уравнение является модифицированным уравнением Захарова—Кузнецова. Найдена аналитическая формула для одномерного солитонного решения. Проведен анализ устойчивости одномерного солитонного решения, который показывает, что данное решение устойчиво.

22.05-01.464 Модуляционное взаимодействие ленгмюровских волн и возникновение магнитных полей в хвостах метеороидов. *Морозова Т.И., Попель С.И. Физика плазмы. 2022, 48, № 10, с. 924-928. Рус.*

Описан механизм модуляционного взаимодействия ленгмюровских волн в хвостах метеороидов, приводящий к возникновению магнитных полей. Приведены оценки величин этих магнитных полей. Показано, что данные поля по величине совпадают с наблюдаемыми вариациями магнитных полей в атмосфере Земли во время пролетов метеороидов. Показан механизм возникновения низкочастотных электромагнитных волн в результате развития модуляционного взаимодействия ленгмюровских волн, следствием которого может быть возникновение электрофоновых шумов во время пролетов метеороидов.

22.05-01.465 Уточнение орбиты космического радиотелескопа в проекте «Миллиметрон» («Спектр-М»). *Запевалин П.Р., Рудницкий А.Г., Щуров М.А., Сячина Т.А. Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2022, № 3, с. 34-43. Рус.*

В рамках создания космической обсерватории «Миллиметрон», была поставлена задача разработать надежный инструмент для баллистико-навигационного обеспечения КА «Спектр-М». В статье описывается программное обеспечение, разрабатываемое для определения и уточнения орбитальных параметров космических аппаратов, в том числе и обсерватории «Миллиметрон». В работе кратко описывается проект обсерватории «Спектр-М», алгоритмы определения орбиты, представлены результаты работы программного обеспечения. Кроме того, была проведена оценка количества наземных станций слежения для оптимальных измерений параметров орбиты КА «Спектр-М», чтобы обеспечить требуемую точность орбиты и сократить время, когда космическая обсерватория находится вне зоны видимости. Реализованные алгоритмы были протестированы на модельных и реальных данных наблюдений.

22.05-01.466 Аномалии чандлеровского колебания полюса в 2010-е годы. *Зотов Л.В., Сидоренков Н.С., Бицуар К.Ж. Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2022, № 3, с. 64-72. Рус.*

Земля вращается неравномерно: положение полюса дрейфует и описывает круги с годовым и чандлеровским (433 суток) периодами, скорость вращения Земли также меняется. В начале 2000-х годов амплитуда чандлеровского колебания начала убывать и в 2017–2020 гг. достигла исторического минимума, сравнимого лишь с минимумом 1920-х годов. Мы показываем, что как и тогда, сейчас происходит изменение фазы чандлеровского колебания. С 2016 года длительность суток LOD начала уменьшаться, а скорость вращения планеты, соответственно, расти. В 2021 году LOD достигла минимума более глубокого, чем минимум 90-летней давности. В работе выделены и сопоставлены тенденции во вращении Земли на длительном интервале времени с особым вниманием к явлениям последнего десятилетия.

См. также **22.05-01.2К, 22.05-01.3К, 22.05-01.4К, 22.05-01.5К, 22.05-01.6К, 22.05-01.7К, 22.05-01.8К, 22.05-01.9К, 22.05-01.10К, 22.05-01.11К, 22.05-01.36, 22.05-01.93, 22.05-01.98, 22.05-01.126, 22.05-01.179, 22.05-01.311, 22.05-01.315, 22.05-01.316, 22.05-01.317, 22.05-01.318, 22.05-01.319, 22.05-01.320, 22.05-01.321, 22.05-01.322, 22.05-01.324, 22.05-01.325, 22.05-01.327, 22.05-01.328**

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

- A**
Abo Al Ezz Sh. **22.05-01.277**
Arlot J.-E. **22.05-01.421**
- C**
Chen C.Y. **22.05-01.94**
Cheng J. **22.05-01.94**
Chernov V.K. **22.05-01.343**
Crepin Kofane Timoleon **22.05-01.26**
- D**
Doka S.Y. **22.05-01.26**
- E**
El Sheikh R. **22.05-01.277**
El Sayed H.M. **22.05-01.277**
Evstigneev A.A. **22.05-01.343**
Evstigneeva O.Eu. **22.05-01.343**
- F**
Feng X. **22.05-01.94**
- G**
Gamil W. **22.05-01.277**
Gouda A.A. **22.05-01.277**
- H**
Hacivelioglu F. **22.05-01.38**
Hamdy M. **22.05-01.277**
Hestroffer D. **22.05-01.421**
Hubert Malwe Boudoue **22.05-01.26**
- I**
Ipatova I.A. **22.05-01.343**
- J**
Ji J.X. **22.05-01.94**
- K**
Ken V.O. **22.05-01.344**
Khedr A.M. **22.05-01.277**
Khvostov Eu.Yu. **22.05-01.343**
Kudryashov N.A. **22.05-01.26**
- L**
Lavrov A.P. **22.05-01.343**
Liu A.D. **22.05-01.94**
Liu Z.Y. **22.05-01.94**
- M**
Maity R. **22.05-01.96**
Mruczkiewicz M. **22.05-01.110**
- N**
Nosov E.V. **22.05-01.345**
- P**
Patrick K.-H. **22.05-01.12**
Pozdnyakov I.A. **22.05-01.343**
- S**
Sahu B. **22.05-01.96**
- T**
Tala-Tebue E. **22.05-01.26**
- U**
Urbain Fibay **22.05-01.26**
- V**
Vekshin Yu.V. **22.05-01.343**
Volovik G. **22.05-01.327**
- W**
Wang M.Y. **22.05-01.94**
- Z**
Zhang J. **22.05-01.94**
Zhong X.M. **22.05-01.94**
Zhou C. **22.05-01.94**
Zhuang G. **22.05-01.94**
Zotov M.B. **22.05-01.343**
- A**
Абдуллаев Н.А. **22.05-01.180**,
22.05-01.288, **22.05-01.291**
Абдуллоев Х.О. **22.05-01.302**
Абдулов Р.Н. **22.05-01.288**,
22.05-01.291
Абдусаматов Х.И. **22.05-01.441**
Абрамов В.О. **22.05-01.79**
Абрамов О.В. **22.05-01.79**
Авдеева А.С. **22.05-01.429**
Авдюшев В.А. **22.05-01.423**
Авдюшкин А.Н. **22.05-01.425**
Авилов А.В. **22.05-01.257**
Агафонов А.А. **22.05-01.71**
Агнихотри В.К. **22.05-01.395**
Азра К.Ж. **22.05-01.460**
Антонов В.Н. **22.05-01.379**,
22.05-01.380
Акманова Г.Р. **22.05-01.137**
Акуленко А.С. **22.05-01.306**
Алакоз А.В. **22.05-01.334**
Алгазин С.Д. **22.05-01.70**
Алдошина И.А. **22.05-01.228**
Александров А.Ю. **22.05-01.410**
Александров В.А. **22.05-01.155**
Алексеев А.Г. **22.05-01.298**
Алексеев Б.В. **22.05-01.167**
Алексеев В.Ф. **22.05-01.358**
Алюян Г.А. **22.05-01.114**
Алферов В.Н. **22.05-01.282**
Амбросимов А.К. **22.05-01.143**,
22.05-01.145
Амбросимов Е.С. **22.05-01.145**
Ананьев А.А. **22.05-01.163**
Ананьин О.Б. **22.05-01.123**
Андреев Е.В. **22.05-01.286**
Андреев М.Я. **22.05-01.15**
- Андреев С.П. **22.05-01.287**
Андреева Т.С. **22.05-01.348**
Андриянов Ю.В. **22.05-01.79**
Аникин А.А. **22.05-01.412**
Анкудинов А.Л. **22.05-01.189**
Аносов А.А. **22.05-01.139**
Антонов С.Н. **22.05-01.129**
Антонюк К.А. **22.05-01.379**,
22.05-01.380, **22.05-01.384**
Арефьев В.А. **22.05-01.444**
Артеха Н.С. **22.05-01.324**
Арутюнян Д.А. **22.05-01.403**
Архипова М.А. **22.05-01.362**
Асадов Х.Г. **22.05-01.288**,
22.05-01.289, **22.05-01.291**,
22.05-01.402
Асминг В.Э. **22.05-01.169**
Асоев Х.Г. **22.05-01.398**
Астраханцев Л.Н. **22.05-01.317**
Атапин К. **22.05-01.374**
Атаян А.М. **22.05-01.144**
Афиногенова Н.А. **22.05-01.209**
Афонасов А.А. **22.05-01.255**
Афонин А.А. **22.05-01.268**
Афонин Д.А. **22.05-01.416**
Ахмади Г. **22.05-01.63**
Ахмедьянова Р.А. **22.05-01.83**,
22.05-01.84
Ахтямов Р.А. **22.05-01.305**,
22.05-01.306
Ашимбаева Н.Т. **22.05-01.438**
- Б**
Бабаджанов П.Б. **22.05-01.386**,
22.05-01.390, **22.05-01.392**,
22.05-01.393, **22.05-01.413**
Бабайкин В.Ф. **22.05-01.339**
Бабуров В.И. **22.05-01.367**
Багринцев В.В. **22.05-01.78**
Базилевич С.О. **22.05-01.163**
Байкова А.Т. **22.05-01.431**,
22.05-01.445, **22.05-01.449**
Бакина О.В. **22.05-01.274**
Бакушинский А.Б. **22.05-01.243**,
22.05-01.275
Балакин А.Б. **22.05-01.36**,
22.05-01.319
Балмашинов Р.В. **22.05-01.365**
Баранов С.В. **22.05-01.169**
Баранский А. **22.05-01.387**
Барсуков А.Р. **22.05-01.269**
Барсуков Р.В. **22.05-01.269**
Батура А.С. **22.05-01.339**
Батурин А.П. **22.05-01.422**,
22.05-01.423
Бахтигараев Н.С. **22.05-01.389**,
22.05-01.423
Бахтин Б.Н. **22.05-01.419**
Баяндин Ю.В. **22.05-01.140**
Бегинин Е.Н. **22.05-01.110**
Безменов И.В. **22.05-01.356**
Безруков Е.В. **22.05-01.273**
Безруков И.А. **22.05-01.371**
Белобородов Д.Е. **22.05-01.209**
Белов М.В. **22.05-01.149**
Белов С.А. **22.05-01.91**
Белова О.М. **22.05-01.458**
Белозеров В.В. **22.05-01.254**
Белоненко Т.В. **22.05-01.35**
Белоусов К.Г. **22.05-01.334**
Белохвостов Г.И. **22.05-01.221**
Беляев И.В. **22.05-01.193**,

- 22.05-01.195**
Беляков А.С. **22.05-01.220**
Белянкин П.В. **22.05-01.339**
Беркутов Р.Н. **22.05-01.22**
Бескакотов А.С. **22.05-01.421**
Бескин Г.М. **22.05-01.373**
Бехер С.А. **22.05-01.267, 22.05-01.285**
Бизуар К.Ж. **22.05-01.466**
Биккулова Н.Н. **22.05-01.137**
Биленко И.А. **22.05-01.434**
Благов А.Е. **22.05-01.113**
Блохин А.М. **22.05-01.31**
Бобров А.Л. **22.05-01.267, 22.05-01.285**
Бобылев В.В. **22.05-01.431, 22.05-01.445, 22.05-01.449**
Богачёв С.А. **22.05-01.447**
Бойко А.А. **22.05-01.121**
Болсуновский А.Л. **22.05-01.200**
Большухин В.А. **22.05-01.90**
Бондаренко Ю.Б. **22.05-01.352**
Бордовицына Т.В. **22.05-01.423**
Бордолов О.П. **22.05-01.374**
Борисенко С.А. **22.05-01.395, 22.05-01.396**
Бородин И.А. **22.05-01.130**
Босняков С.М. **22.05-01.48**
Бочкарёв С.А. **22.05-01.43, 22.05-01.52**
Брагин Н.Н. **22.05-01.200**
Брагина А.А. **22.05-01.403**
Бренч М.В. **22.05-01.221**
Брыкина И.Г. **22.05-01.424**
Брылова Т.Б. **22.05-01.141**
Брынь М.Я. **22.05-01.416**
Бубенчиков М.А. **22.05-01.170**
Будников А.С. **22.05-01.320**
Бузановский В.А. **22.05-01.262**
Бузовера Н.П. **22.05-01.200**
Буйло С.И. **22.05-01.254**
Булатов В.В. **22.05-01.27**
Булекбаев Д.А. **22.05-01.337**
Булкин В.В. **22.05-01.215**
Булычев Н.А. **22.05-01.62, 22.05-01.79, 22.05-01.85, 22.05-01.86, 22.05-01.87, 22.05-01.88, 22.05-01.89, 22.05-01.90**
Бургин М.С. **22.05-01.334**
Бурiev А.М. **22.05-01.385, 22.05-01.387, 22.05-01.395, 22.05-01.397**
Бурков С.И. **22.05-01.107**
Бурмистров Е.В. **22.05-01.360**
Бурсов Н.Н. **22.05-01.375**
Буряков А.М. **22.05-01.117**
Бушкова Е.С. **22.05-01.254**
Быков В.Ю. **22.05-01.333, 22.05-01.359**
Быковская Е.Н. **22.05-01.56**
Быковский Ю.А. **22.05-01.122, 22.05-01.124**
Бычин Н.В. **22.05-01.300**
Бычков К.В. **22.05-01.458**
Бычков О.П. **22.05-01.24, 22.05-01.174**
- В**
Важенин Н.А. **22.05-01.409**
Вайсберг О.Л. **22.05-01.418**
Валеев А.Р. **22.05-01.20**
Валеев А.Ф. **22.05-01.379, 22.05-01.380**
Валиев Х.Ф. **22.05-01.33**
- Валов А.П. **22.05-01.320**
Валявин Г.Г. **22.05-01.379, 22.05-01.380**
Ван Чанцин **22.05-01.411**
Ванькова О.С. **22.05-01.61**
Варфоломеев М.И. **22.05-01.421**
Васекин Б.В. **22.05-01.163**
Василенко А.О. **22.05-01.81**
Васильев А.А. **22.05-01.182**
Васильев А.П. **22.05-01.298**
Васильев Д.А. **22.05-01.282**
Васильев М.М. **22.05-01.102**
Васильева Н.В. **22.05-01.367**
Васильева Э.А. **22.05-01.83, 22.05-01.84**
Васильков В.И. **22.05-01.334, 22.05-01.382**
Велещук В.П. **22.05-01.136**
Велиева С.Р. **22.05-01.252**
Величко С.А. **22.05-01.194**
Верещагин А.Л. **22.05-01.300**
Вершинин А.Г. **22.05-01.39**
Вершинин С.А. **22.05-01.39**
Вершков А.Н. **22.05-01.420**
Вешкурцев Н.Д. **22.05-01.283**
Вешкурцев Ю.М. **22.05-01.283**
Вибе Д.З. **22.05-01.436**
Вилмс Й. **22.05-01.444**
Виноградов Ю.А. **22.05-01.169**
Виноградова Т.А. **22.05-01.330**
Винокуров А. **22.05-01.374**
Виняйкин Е.Н. **22.05-01.334**
Владимиров Ю.В. **22.05-01.27**
Власенко А.И. **22.05-01.136**
Власик К.Ф. **22.05-01.261**
Власов В.И. **22.05-01.188**
Войчик П.А. **22.05-01.334**
Волков Н.В. **22.05-01.229**
Волкова А.А. **22.05-01.158**
Волобуев И.П. **22.05-01.316**
Володин А.В. **22.05-01.260**
Волочко А.Т. **22.05-01.329**
Воронин М.С. **22.05-01.191**
Воронов М.А. **22.05-01.353**
Воронов С.М. **22.05-01.353**
Ву Ч.Ц. **22.05-01.375**
Выплавень В.С. **22.05-01.285**
Высоцкий В.И. **22.05-01.80, 22.05-01.81**
Высоцкий М.В. **22.05-01.81**
Вытнов А.В. **22.05-01.368**
- Г**
Гавриков М.Б. **22.05-01.101**
Гайфуллин А.М. **22.05-01.29**
Галазутдинов Г.А. **22.05-01.379, 22.05-01.380**
Галиев А.Л. **22.05-01.224, 22.05-01.263**
Галкин В.И. **22.05-01.460**
Гараев В.М. **22.05-01.289**
Гарелина С.А. **22.05-01.90**
Гасанов А.Р. **22.05-01.252**
Гасанов Р.А. **22.05-01.252**
Гасанова С.М. **22.05-01.252**
Гафаров Р.М. **22.05-01.305, 22.05-01.306**
Гаязов И.С. **22.05-01.366**
Георгиевский П.Ю. **22.05-01.187**
Гималтдинов И.К. **22.05-01.72**
Гиргель С.С. **22.05-01.136**
Глазов А.Л. **22.05-01.132**
Глазырин С.И. **22.05-01.451**
Гневывшев В.Г. **22.05-01.35**
- Гогои Р. **22.05-01.374**
Головин Д.В. **22.05-01.412, 22.05-01.419**
Голубь А.П. **22.05-01.98**
Гольдфельд М.А. **22.05-01.185, 22.05-01.186**
Горбачев С.В. **22.05-01.150**
Горбовской В.С. **22.05-01.193**
Горбунова И.Б. **22.05-01.14**
Горемычкин Е.А. **22.05-01.137**
Горецкая А.Г. **22.05-01.216**
Городец А.В. **22.05-01.44**
Городец В.А. **22.05-01.120**
Горулева Л.С. **22.05-01.314**
Градов О.М. **22.05-01.79**
Грамузов Е.М. **22.05-01.152**
Грачев А.А. **22.05-01.110**
Грачев В.М. **22.05-01.261**
Гренков С.А. **22.05-01.361**
Гречишников А.И. **22.05-01.161**
Грибанова М.С. **22.05-01.331**
Григорьев Ю.А. **22.05-01.240**
Григорян А.Г. **22.05-01.210**
Гриняев Ю.В. **22.05-01.77**
Грищенко И.В. **22.05-01.114**
Гроховская А.А. **22.05-01.448**
Груданов В.Я. **22.05-01.221**
Губарев К.А. **22.05-01.318**
Гузевич С.Н. **22.05-01.417**
Гулин А.И. **22.05-01.290**
Гуляев М.А. **22.05-01.285**
Гурбатов С.Н. **22.05-01.45**
- Д**
Давлатджонова Ш.Х. **22.05-01.135**
Давлатов Р.А. **22.05-01.346**
Давлятшин Р.П. **22.05-01.140**
Давыдов В.В. **22.05-01.320**
Данилов А.Д. **22.05-01.399, 22.05-01.400**
Данилова Т.В. **22.05-01.362**
Даутов Р.З. **22.05-01.60**
Дашкевич Ж.В. **22.05-01.406**
Двинин С.А. **22.05-01.301**
Двойченко Ю.А. **22.05-01.152**
Девонакулов Ш.А. **22.05-01.302**
Демин И.Ю. **22.05-01.45**
Демьянов М.А. **22.05-01.178**
Демянский М.И. **22.05-01.443**
Денисенко Н.В. **22.05-01.306**
Денисов С.Л. **22.05-01.196**
Джавадов Н.Г. **22.05-01.289**
Джафаров А.С. **22.05-01.303**
Джонмухаммади А.И. **22.05-01.386, 22.05-01.390, 22.05-01.392, 22.05-01.393, 22.05-01.413**
Дмитренко В.В. **22.05-01.261**
Дмитриев С.П. **22.05-01.115**
Дмитриков В. **22.05-01.109**
Додин А.В. **22.05-01.462**
Додонов С.Н. **22.05-01.448**
Долгова Н.В. **22.05-01.266**
Долотовский А.В. **22.05-01.194**
Донченко С.С. **22.05-01.346**
Доровских Р.С. **22.05-01.299**
Доронкин А.В. **22.05-01.369**
Дорошкевич А.Г. **22.05-01.443**
Доузер Т. **22.05-01.444**
Дремов В.В. **22.05-01.433**
Дремова Г.Н. **22.05-01.433**
Дрягин В.В. **22.05-01.272**
Дубень А.П. **22.05-01.44**
Дурлевич О.В. **22.05-01.432**
Дьяков А.А. **22.05-01.348**

Дьячкова Л.С. 22.05-01.238

Е

Егоров В.О. 22.05-01.316
 Егоров И.В. 22.05-01.46
 Егоров Н.А. 22.05-01.209
 Егорова Л.А. 22.05-01.424
 Екимовская В.А. 22.05-01.230
 Елагин А.В. 22.05-01.415
 Елантьев И.А. 22.05-01.360
 Елизарова Т.Г. 22.05-01.51,
 22.05-01.53
 Елохин А.П. 22.05-01.261
 Емельяненко В.Ф. 22.05-01.264
 Емельянов Н.В. 22.05-01.421
 Емельянов Э.В. 22.05-01.379,
 22.05-01.380
 Енгулатова М.Ф. 22.05-01.48
 Епихин А.С. 22.05-01.51
 Еременко В.П. 22.05-01.281
 Ермаков А.Н. 22.05-01.332,
 22.05-01.334, 22.05-01.382
 Ермолаев В.И. 22.05-01.160
 Ерофеев В.И. 22.05-01.74
 Ерофеев Д.В. 22.05-01.348
 Ерушин Е.Ю. 22.05-01.121
 Ершов Н.С. 22.05-01.225
 Еськов В.М. 22.05-01.23

Ж

Жарких Н.В. 22.05-01.217
 Жаров В.Е. 22.05-01.356
 Жаров В.И. 22.05-01.347
 Жбанов К.К. 22.05-01.358
 Жвик В.В. 22.05-01.29
 Жеглов А.В. 22.05-01.364
 Желонкин А.И. 22.05-01.207
 Жуков Б.И. 22.05-01.408
 Жуков Е.Т. 22.05-01.339
 Жуковская Е.А. 22.05-01.304
 Жур Т.А. 22.05-01.328
 Журавлёв С.И. 22.05-01.225
 Жуховицкий Д.И. 22.05-01.100

З

Заболотнов Ю.М. 22.05-01.411
 Зайцев Б.Д. 22.05-01.130
 Зайцев М.Ю. 22.05-01.24,
 22.05-01.194, 22.05-01.195
 Зайцев С.В. 22.05-01.163
 Закинян А.Р. 22.05-01.379,
 22.05-01.380
 Замураев В.П. 22.05-01.183
 Запевалин П.Р. 22.05-01.465
 Заславский В.Ю. 22.05-01.218
 Заславский Ю.М. 22.05-01.218
 Засько Г.В. 22.05-01.175
 Зверев А.С. 22.05-01.148
 Зверев А.Я. 22.05-01.197
 Зеленцова Е.В. 22.05-01.284
 Зеленый Л.М. 22.05-01.95,
 22.05-01.98, 22.05-01.463
 Земсков А.В. 22.05-01.68
 Золотухин Ф.Ф. 22.05-01.161
 Зорин М.С. 22.05-01.363
 Зотов Л.В. 22.05-01.466
 Зубко А.Е. 22.05-01.82
 Зубков С.В. 22.05-01.111
 Зуев В.А. 22.05-01.152
 Зуев В.В. 22.05-01.266, 22.05-01.333
 Зуев Ю.В. 22.05-01.176
 Зыбин К.П. 22.05-01.171

И

Ибрагимов А.А. 22.05-01.388,
 22.05-01.391, 22.05-01.394
 Ибрагимов Э.С. 22.05-01.113
 Ивакин Я.А. 22.05-01.160
 Иванов В.Г. 22.05-01.164,
 22.05-01.222
 Иванов В.Е. 22.05-01.406
 Иванов В.С. 22.05-01.356
 Иванов В.Ю. 22.05-01.58
 Иванов Д.В. 22.05-01.348
 Иванов М.С. 22.05-01.117
 Иванова А.В. 22.05-01.385,
 22.05-01.387, 22.05-01.395
 Иванова А.Р. 22.05-01.405
 Иванова И.Б. 22.05-01.58
 Иванова И.Д. 22.05-01.16,
 22.05-01.168, 22.05-01.315
 Иванцевич Н.В. 22.05-01.367
 Иващенко В.А. 22.05-01.308
 Игнатенко И.Ю. 22.05-01.356
 Игнатов П.В. 22.05-01.228
 Изосимова М.Ю. 22.05-01.71
 Ильин А.С. 22.05-01.36, 22.05-01.171
 Ильин Г.Н. 22.05-01.333,
 22.05-01.348
 Ильина Т.С. 22.05-01.112
 Ильичев И.В. 22.05-01.462
 Ильичев Н.Н. 22.05-01.128
 Ильясов И.Р. 22.05-01.142
 Ильясов Х.Х. 22.05-01.32
 Индейцев Д.А. 22.05-01.65
 Ипатов А.В. 22.05-01.348
 Ипатов М.С. 22.05-01.196
 Исупова Е.В. 22.05-01.320
 Итюрин Г.С. 22.05-01.136

К

Кажан А.В. 22.05-01.193
 Казакон Ю.В. 22.05-01.155
 Казаровец Е.В. 22.05-01.432
 Казарян М.А. 22.05-01.85,
 22.05-01.86, 22.05-01.87,
 22.05-01.88, 22.05-01.89,
 22.05-01.90
 Кайхани М.Х. 22.05-01.63
 Калегаев В.В. 22.05-01.405
 Калинина А.П. 22.05-01.183
 Калиновский Н.А. 22.05-01.329
 Калью В.А. 22.05-01.223
 Камалов А.Р. 22.05-01.265
 Кан М.О. 22.05-01.349
 Капля Е.В. 22.05-01.279
 Капустин В.В. 22.05-01.271,
 22.05-01.293
 Карабасов С.А. 22.05-01.45,
 22.05-01.47
 Карпов А.В. 22.05-01.151
 Карпушкина Н.Е. 22.05-01.412
 Карпюк А.Б. 22.05-01.122,
 22.05-01.124
 Карсканов С.А. 22.05-01.73
 Кассем А.И. 22.05-01.95, 22.05-01.98,
 22.05-01.463
 Катанович А.А. 22.05-01.151
 Кахраман Аличауш Ф. 22.05-01.381
 Кацев Ю.В. 22.05-01.354
 Кашияп Ю. 22.05-01.374
 Квашнин Г.М. 22.05-01.107
 Кен В.О. 22.05-01.363
 Кенько З.В. 22.05-01.439
 Кинзин К.С. 22.05-01.308
 Киреева Е.Н. 22.05-01.437
 Кириченко А.С. 22.05-01.447
 Кирмизиташ Ё. 22.05-01.381
 Кирюшина М.А. 22.05-01.51
 Киселев Д.А. 22.05-01.112
 Кистерев Э.В. 22.05-01.62,
 22.05-01.79
 Классен Н.В. 22.05-01.79
 Клещев А.А. 22.05-01.37
 Клочков Я.Ю. 22.05-01.321
 Клочкова В.Г. 22.05-01.378
 Клюев М.С. 22.05-01.148
 Ключков А.А. 22.05-01.435
 Князев А.Ю. 22.05-01.383
 Кобелева Н.Н. 22.05-01.415
 Кобяков Р.С. 22.05-01.364
 Ковалев Ю.А. 22.05-01.332,
 22.05-01.334, 22.05-01.382
 Ковалев Ю.Ю. 22.05-01.334,
 22.05-01.382
 Ковалева Д.А. 22.05-01.429
 Коваленко А.В. 22.05-01.334
 Коваленко Н.В. 22.05-01.114
 Коваль А.А. 22.05-01.78
 Коваль В.В. 22.05-01.354,
 22.05-01.365
 Ковальчук М.В. 22.05-01.113
 Ковыркина О.А. 22.05-01.203
 Козелков А.С. 22.05-01.55
 Козин Ф.А. 22.05-01.202
 Козубская Т.К. 22.05-01.42,
 22.05-01.44
 Козырев А.С. 22.05-01.412
 Койгеров А. 22.05-01.106
 Кокшайский А.И. 22.05-01.71
 Колесов Д.А. 22.05-01.74
 Колкер Д.Б. 22.05-01.121
 Колшачева Н.А. 22.05-01.250
 Кольцов Н.Е. 22.05-01.340
 Комаров В.А. 22.05-01.116
 Кондратенко Е.В. 22.05-01.141
 Кондратьев Б.П. 22.05-01.437
 Кондрашенко С.И. 22.05-01.163
 Кононаева С.А. 22.05-01.360
 Консон А.Д. 22.05-01.158
 Константинова А.В. 22.05-01.399,
 22.05-01.400
 Контиевская О.А. 22.05-01.227
 Коняшкин А.В. 22.05-01.114
 Кошнин С.И. 22.05-01.95,
 22.05-01.463
 Кошнев А.В. 22.05-01.171
 Кошнев В.Ф. 22.05-01.24,
 22.05-01.172, 22.05-01.173,
 22.05-01.177, 22.05-01.194,
 22.05-01.195, 22.05-01.196
 Корецкая А.С. 22.05-01.158
 Корж А.О. 22.05-01.143
 Корнев А.Ф. 22.05-01.354,
 22.05-01.365
 Корнев К.Н. 22.05-01.99
 Корнеева Ю.В. 22.05-01.80,
 22.05-01.81
 Корнилова А.А. 22.05-01.80,
 22.05-01.81
 Корнухов В.С. 22.05-01.437
 Коробов А.И. 22.05-01.71
 Корпусов М.О. 22.05-01.92
 Костенков А. 22.05-01.374
 Костина Н.М. 22.05-01.225
 Костюкова Н.Ю. 22.05-01.121
 Косырева С.В. 22.05-01.234,
 22.05-01.235
 Котеров В.Н. 22.05-01.119
 Котов С.С. 22.05-01.448
 Кохинова Г.И. 22.05-01.384,
 22.05-01.385, 22.05-01.386,

- 22.05-01.387, 22.05-01.389,
22.05-01.390, 22.05-01.392,
22.05-01.393, 22.05-01.395,
22.05-01.396, 22.05-01.397,
22.05-01.413
- Кравцов А.В. 22.05-01.32
Кравцов Ал.В. 22.05-01.32
Крайко А.Н. 22.05-01.33
Кранц В.З. 22.05-01.154
Красильников И.М. 22.05-01.237
Краснов В.В. 22.05-01.438
Краснова М.А. 22.05-01.209
Краснописцев Н.В. 22.05-01.223
Крауз В.И. 22.05-01.462
Крашенинников И.В. 22.05-01.401
Крейкенбом И. 22.05-01.444
Кренделев В.А. 22.05-01.282
Кривуля Н.Г. 22.05-01.232
Крит Т.Б. 22.05-01.80, 22.05-01.81
Крохалев А.В. 22.05-01.361
Круковский А.Ю. 22.05-01.28
Крылов В.О. 22.05-01.284
Куделькин А.А. 22.05-01.335
Кудрявцев Д.О. 22.05-01.376
Кудрявцев И.В. 22.05-01.64,
22.05-01.226
Кудряшов И.Ю. 22.05-01.163
Кудряшова О.Б. 22.05-01.300
Кузнецов В.Б. 22.05-01.336,
22.05-01.341, 22.05-01.351
Кузнецов В.С. 22.05-01.230
Кузнецов О.Л. 22.05-01.272
Кузнецов С.В. 22.05-01.32
Кузьмин Д.А. 22.05-01.304
Кулаев И.В. 22.05-01.386,
22.05-01.390, 22.05-01.393
Кулак Г.В. 22.05-01.108
Кулаков С.В. 22.05-01.108
Куликов А.Г. 22.05-01.113
Кулыгин Д.А. 22.05-01.163
Кумейко А.С. 22.05-01.363
Куникин С.А. 22.05-01.379,
22.05-01.380
Куприна Ю.А. 22.05-01.111
Курбангулов А.Р. 22.05-01.137
Курбатов А.Н. 22.05-01.285
Курганов А.А. 22.05-01.203
Курдубов С.Л. 22.05-01.355,
22.05-01.366
Куркин А.А. 22.05-01.152
Курочкин В.Е. 22.05-01.115
Курулин В.В. 22.05-01.55
Кусаинов П.И. 22.05-01.190
Кустова Е.В. 22.05-01.307
Кутузова Т.М. 22.05-01.83,
22.05-01.84
Кутькин А.М. 22.05-01.334
Кухарская Н.Ф. 22.05-01.112
Кучма И.Г. 22.05-01.354
- Л**
- Лавров В.С. 22.05-01.220
Лавров Е.А. 22.05-01.346
Лаврук С.А. 22.05-01.206
Ламзин С.А. 22.05-01.462
Лапшов И.Ю. 22.05-01.444
Ларионов М.Г. 22.05-01.334
Ларченкова Т.И. 22.05-01.443
Латишов М.Н. 22.05-01.413
Лебедев А.В. 22.05-01.69
Лебедев Е.Л. 22.05-01.270
Лебедева Е.В. 22.05-01.136
Лебедок Е.В. 22.05-01.120
Лебле С.Б. 22.05-01.323
- Левин В.А. 22.05-01.187
Левицкий С.Н. 22.05-01.136
Левкина П.А. 22.05-01.389,
22.05-01.423
Лекомцев С.В. 22.05-01.43,
22.05-01.52
Леонов А.С. 22.05-01.243,
22.05-01.275
Лехт Е.Е. 22.05-01.438
Ли Айдзюнь 22.05-01.411
Ли Шу-Джи 22.05-01.75
Либина Н.В. 22.05-01.143,
22.05-01.145
Липавский М.В. 22.05-01.49
Липанов А.М. 22.05-01.73
Лисаков М.М. 22.05-01.334,
22.05-01.382
Лисин А.А. 22.05-01.45
Литвак М.Л. 22.05-01.412,
22.05-01.419
Лихачев В.Н. 22.05-01.408
Лиходеев Д.В. 22.05-01.210
Лобанова Ю.В. 22.05-01.416
Лобода И.П. 22.05-01.447
Логунов А.А. 22.05-01.99
Лозовский И.Н. 22.05-01.231,
22.05-01.296, 22.05-01.297
Лосев Г.И. 22.05-01.223
Лосева Е.С. 22.05-01.231
Лукашов О.Ю. 22.05-01.190
Лукин А.В. 22.05-01.65
Лукманов В.Р. 22.05-01.322,
22.05-01.456
Луньков А.А. 22.05-01.41
Лутовинов А.А. 22.05-01.444
Лыков А.Н. 22.05-01.326
Львов К.П. 22.05-01.147
Лью Ж. 22.05-01.444
Ляпин А.Г. 22.05-01.260
- М**
- Маамо М.Ш. 22.05-01.268
Мазепа Е.Е. 22.05-01.190
Мазин А.В. 22.05-01.284
Малахов А.В. 22.05-01.412
Малашенко А.Е. 22.05-01.153,
22.05-01.156, 22.05-01.157
Малков О.Ю. 22.05-01.429,
22.05-01.440
Малов Ф. 22.05-01.439
Мальханов А.О. 22.05-01.74
Мальцев В.М. 22.05-01.179
Малютин В.А. 22.05-01.458
Мамедов А.Я. 22.05-01.289
Манов К.В. 22.05-01.147
Марголина И.Л. 22.05-01.216
Маринич Н.В. 22.05-01.78
Маркова Л.В. 22.05-01.155
Марченков Н.В. 22.05-01.113
Маршалов Д.А. 22.05-01.350,
22.05-01.352
Маслов А.С. 22.05-01.170
Маслова М.А. 22.05-01.362
Матвеев М.А. 22.05-01.209
Матыченко М.А. 22.05-01.279
Матяш С.В. 22.05-01.48
Махмалатиф А. 22.05-01.133,
22.05-01.134
Махмудов М.Д. 22.05-01.370
Машонкина Л.И. 22.05-01.452
Маштаков Я.В. 22.05-01.427
Медведев П.С. 22.05-01.446
Медведок С.Ю. 22.05-01.364
Медведев Ю.В. 22.05-01.97
- Медведев Ю.Д. 22.05-01.337
Медяников Д.О. 22.05-01.358
Мелентьев Д.А. 22.05-01.248,
22.05-01.249
Мелехов А.П. 22.05-01.122,
22.05-01.124
Меликхужа Н. 22.05-01.133,
22.05-01.134
Мелкий В.А. 22.05-01.414
Мереминский И.А. 22.05-01.444,
22.05-01.446
Микулич Р.Ю. 22.05-01.120
Мингалиев М.Г. 22.05-01.375
Минлитгареев В.Т. 22.05-01.403
Мироненко М.В. 22.05-01.153,
22.05-01.156, 22.05-01.157
Миронова Е.Н. 22.05-01.334
Миронова С.М. 22.05-01.366
Митиани Г.Ш. 22.05-01.379,
22.05-01.380
Митрофанов И.Г. 22.05-01.412,
22.05-01.419
Митряев В.А. 22.05-01.354
Митяев А.Е. 22.05-01.64,
22.05-01.226
Михайлов А. 22.05-01.313
Михайлов А.Г. 22.05-01.375
Михайлов Е.А. 22.05-01.454
Михайлов И.Е. 22.05-01.54,
22.05-01.204
Михайлов С.В. 22.05-01.48
Михайлов С.Г. 22.05-01.146
Михайлова Ю.Л. 22.05-01.233
Мишагин К.Г. 22.05-01.368
Мишуров Ю.Н. 22.05-01.449
Мовсесян Т.А. 22.05-01.448
Мовсумзаде Э.М. 22.05-01.20
Моисеева А.В. 22.05-01.376
Мокроусов М.И. 22.05-01.412
Мольков С.В. 22.05-01.444
Морин И.Ю. 22.05-01.170
Мороз А.В. 22.05-01.216
Морозов Н.Ф. 22.05-01.65
Морозова К.Г. 22.05-01.205
Морозова Т.И. 22.05-01.325,
22.05-01.464
Москвитин А.С. 22.05-01.379,
22.05-01.380
Мотин В.Н. 22.05-01.254
Мохаммади М. 22.05-01.63
Мохсен Шамсан 22.05-01.247
Музипов З.Р. 22.05-01.83, 22.05-01.84
Муллагаев М.С. 22.05-01.79
Мулладжанов Р.И. 22.05-01.308
Муравьев Э.Н. 22.05-01.85,
22.05-01.86, 22.05-01.87,
22.05-01.88, 22.05-01.89,
22.05-01.90
Муратиков К.Л. 22.05-01.132
Муркин А.О. 22.05-01.360
Мурти Дж. 22.05-01.374
Мусин С.В. 22.05-01.260
Муфахаров Т.В. 22.05-01.375
Мухаммадиев А.А. 22.05-01.142,
22.05-01.211, 22.05-01.212
Мухамедзянов Р.Р. 22.05-01.83,
22.05-01.84
Мухин А.А. 22.05-01.296,
22.05-01.297
Мялтон В.В. 22.05-01.462
- Н**
- Назаренко А.В. 22.05-01.111
Назари М. 22.05-01.63

Назаров С.А. 22.05-01.40
 Назаров С.В. 22.05-01.455
 Назарова А.А. 22.05-01.411
 Назмутдинов Р.Ф. 22.05-01.273
 Нарышкина В.Г. 22.05-01.112
 Наумов И.В. 22.05-01.308
 Недзельский Д.А. 22.05-01.254
 Недорез Ю.И. 22.05-01.153
 Некрасов А.Д. 22.05-01.429
 Некрасов В.Н. 22.05-01.223
 Нестеренко Ю.К. 22.05-01.99
 Нестеров В.А. 22.05-01.269
 Нестеров Г.И. 22.05-01.287
 Нечаев Ю. 22.05-01.312
 Нечепуренко Ю.М. 22.05-01.175
 Нигматуллина Г.Р. 22.05-01.137
 Ниёзов Б.О. 22.05-01.302
 Никитин А.В. 22.05-01.261
 Никитина А.В. 22.05-01.144,
 22.05-01.298
 Никифоров С.Ю. 22.05-01.419
 Николаев А.В. 22.05-01.220
 Николаев Н.Я. 22.05-01.334
 Новиков А.В. 22.05-01.46
 Новиков А.С. 22.05-01.261
 Новиков И.Д. 22.05-01.428
 Новиков И.Д.(мл.) 22.05-01.428
 Новожилов Р.Н. 22.05-01.364
 Носов Е.В. 22.05-01.350, 22.05-01.352
 Нуров К.Б. 22.05-01.303
 Нуруллаков Ш.С. 22.05-01.301

О

Оборотов Д.О. 22.05-01.354
 Овчинников И.Н. 22.05-01.294
 Одина Н.И. 22.05-01.71
 Олифинов В.Г. 22.05-01.348
 Ольнева Т.В. 22.05-01.304
 Орджоникидзе С.К. 22.05-01.179
 Орешкова М.Ю. 22.05-01.304
 Орлов О.Г. 22.05-01.214
 Остапенко В.В. 22.05-01.203
 Остапчук А.А. 22.05-01.205
 Остриков Н.Н. 22.05-01.165,
 22.05-01.166, 22.05-01.195,
 22.05-01.196
 Островский Д.Б. 22.05-01.76
 Охлопков В.П. 22.05-01.407
 Охлопкова А.А. 22.05-01.298
 Охрименко С.Н. 22.05-01.15
 Ошурко В.Б. 22.05-01.122,
 22.05-01.123, 22.05-01.124,
 22.05-01.125

П

Павленко Е.П. 22.05-01.384
 Павлинский А.В. 22.05-01.266,
 22.05-01.333
 Павлюк А.В. 22.05-01.121
 Панов И.В. 22.05-01.451
 Панчук В.Е. 22.05-01.378
 Паринов И.А. 22.05-01.111
 Пархома П.А. 22.05-01.261
 Пасынок С.Л. 22.05-01.356
 Пахомова П.В. 22.05-01.377
 Пашкевич В.В. 22.05-01.420
 Пащенко М.И. 22.05-01.438
 Пеков А.Н. 22.05-01.412
 Перминов А.В. 22.05-01.140
 Перченков Е.С. 22.05-01.200
 Петерова Н.Г. 22.05-01.348
 Петров А.А. 22.05-01.320
 Петров О.Ф. 22.05-01.102

Петрова В.В. 22.05-01.223
 Петрусёва Н. 22.05-01.13
 Пешков И. 22.05-01.312
 Пикалов В.В. 22.05-01.185,
 22.05-01.186
 Пинаев А.В. 22.05-01.192
 Пинаев П.А. 22.05-01.192
 Пинчук А.А. 22.05-01.221
 Писарев И.А. 22.05-01.364
 Писаревский Ю.В. 22.05-01.113
 Пить Н.В. 22.05-01.384
 Пичугин С.Ю. 22.05-01.91
 Плаксин Г.М. 22.05-01.42
 Пластинин А.В. 22.05-01.191
 Плохих А.П. 22.05-01.409
 Плыгунова К.С. 22.05-01.55
 Повеценок Ю.А. 22.05-01.28
 Погорелов И.О. 22.05-01.50
 Подорожная И.В. 22.05-01.329
 Подрыга В.О. 22.05-01.28
 Подымова Н.Б. 22.05-01.131
 Пождаева С.П. 22.05-01.263
 Покровский А.А. 22.05-01.264
 Полунин А.И. 22.05-01.256
 Полупан А.В. 22.05-01.105
 Поляков В.А. 22.05-01.368
 Поляков В.Б. 22.05-01.161
 Поляченко Е.В. 22.05-01.440
 Попадопуло Н.А. 22.05-01.423
 Попель С.И. 22.05-01.95, 22.05-01.98,
 22.05-01.325, 22.05-01.463,
 22.05-01.464
 Попков А.А. 22.05-01.285
 Попов В.А. 22.05-01.22
 Попов Г.А. 22.05-01.409
 Попов И.А. 22.05-01.65
 Попов И.П. 22.05-01.25
 Попов М.В. 22.05-01.334
 Попов Ю.В. 22.05-01.286
 Попова О.С. 22.05-01.162
 Постнов К.А. 22.05-01.444
 Потапычев С.Н. 22.05-01.160
 Потемка А.К. 22.05-01.149
 Потемкин В.Г. 22.05-01.256
 Проничева С.А. 22.05-01.459
 Просвиряков Е.Ю. 22.05-01.314
 Протасов М.И. 22.05-01.208
 Пужайкина А.Е. 22.05-01.299
 Пындак В.И. 22.05-01.259
 Пятаков П.А. 22.05-01.219
 Пятилова А.М. 22.05-01.149
 Пятницкий Л.Н. 22.05-01.181

Р

Рабецкая О.И. 22.05-01.64,
 22.05-01.226
 Рагимли П.И. 22.05-01.28
 Радченко А.В. 22.05-01.414
 Райлян С.М. 22.05-01.279
 Рау А. 22.05-01.444
 Рахими Ф. 22.05-01.302
 Рахими Ф.К. 22.05-01.384
 Рахимов И.А. 22.05-01.348
 Рахматуллаева Ф.Дж. 22.05-01.384,
 22.05-01.385, 22.05-01.387,
 22.05-01.395, 22.05-01.396
 Рахмонов Р.К. 22.05-01.135
 Рахна П.Т. 22.05-01.374
 Рева А.А. 22.05-01.447
 Резвов Ю.Г. 22.05-01.129
 Репин А.О. 22.05-01.270
 Римская-Корсакова Л.К. 22.05-01.219
 Родионов П.В. 22.05-01.44
 Романенко Р.И. 22.05-01.119

Романенков А.М. 22.05-01.66
 Романовская А.М. 22.05-01.452
 Романюк И.И. 22.05-01.376
 Ропот П.И. 22.05-01.108
 Рубанов И.Л. 22.05-01.15
 Рудницкий А.Г. 22.05-01.465
 Русаков А.М. 22.05-01.255
 Русских В.В. 22.05-01.221
 Рыбочкин А.Ф. 22.05-01.246,
 22.05-01.247, 22.05-01.248,
 22.05-01.249
 Рыбьянец А.Н. 22.05-01.250
 Рылов И.Ю. 22.05-01.244
 Рябов Е. 22.05-01.313
 Рябушкин О.А. 22.05-01.114
 Рябушко А.П. 22.05-01.328

С

Савельев С.В. 22.05-01.249
 Савельева Е.С. 22.05-01.333
 Савин А.В. 22.05-01.253,
 22.05-01.258
 Садовников А.В. 22.05-01.110
 Сазонов С.Ю. 22.05-01.444,
 22.05-01.446
 Салейко К.В. 22.05-01.423
 Салихов Т.Х. 22.05-01.133,
 22.05-01.134, 22.05-01.135
 Саломатин А.С. 22.05-01.138
 Сальников А.И. 22.05-01.371
 Сальников М.В. 22.05-01.308
 Самолюк Д.Ю. 22.05-01.260
 Самородова Е.Б. 22.05-01.457
 Самохин А.А. 22.05-01.82,
 22.05-01.127, 22.05-01.128
 Самусь Н.Н. 22.05-01.432
 Санин А.Б. 22.05-01.412,
 22.05-01.419
 Саркисян А. 22.05-01.374
 Сауседо-Зендехо Ф.Р. 22.05-01.140
 Сафаргалев Д.И. 22.05-01.137
 Сафаров С.Н. 22.05-01.397
 Сафонова М. 22.05-01.374
 Сваровская Н.В. 22.05-01.274
 Себин А.С. 22.05-01.152
 Седалищев В.Н. 22.05-01.278
 Селезнев И.А. 22.05-01.22
 Селиванов И.А. 22.05-01.70
 Семена А.Н. 22.05-01.444,
 22.05-01.446
 Семенко Е.А. 22.05-01.376
 Семёнов А.П. 22.05-01.130
 Семенова Т.А. 22.05-01.375
 Семилетов И.П. 22.05-01.138
 Семисалов Б.В. 22.05-01.31
 Сенин А.Н. 22.05-01.43, 22.05-01.52
 Сергева М.С. 22.05-01.59
 Сергеев В.А. 22.05-01.115
 Сергеев С. 22.05-01.313
 Сергеева М.С. 22.05-01.57
 Сердюков М.Г. 22.05-01.454
 Сивкова Е.Э. 22.05-01.436
 Сивов А.А. 22.05-01.112
 Сигов А.С. 22.05-01.253,
 22.05-01.258
 Сидоренко В.Я. 22.05-01.254
 Сидоренков Н.С. 22.05-01.466
 Сидорин А.В. 22.05-01.82
 Силаев А.В. 22.05-01.163
 Силибин М.В. 22.05-01.117
 Сираев И.А. 22.05-01.305
 Сирота В.А. 22.05-01.171
 Ситдикува Л.Ф. 22.05-01.72
 Сихарулдизе Ю.Г. 22.05-01.408

Скакун И.О. 22.05-01.346
 Скомогохов С.И. 22.05-01.200
 Скороходов С.Л. 22.05-01.188
 Скорынина Г.В. 22.05-01.369
 Скурихина Е.А. 22.05-01.331,
 22.05-01.355
 Смирнов А.В. 22.05-01.118
 Смирнов А.Н. 22.05-01.253,
 22.05-01.258, 22.05-01.292
 Смирнов А.С. 22.05-01.67
 Смирнов Д.А. 22.05-01.223
 Смирнова Е.С. 22.05-01.323
 Смольников Б.А. 22.05-01.67
 Смородин А.А. 22.05-01.260
 Смородин А.И. 22.05-01.260
 Согласнов В.А. 22.05-01.334,
 22.05-01.382
 Соколов Д.А. 22.05-01.346
 Соколовская Ю.Г. 22.05-01.131
 Солихов Д.К. 22.05-01.301
 Солнцев И.А. 22.05-01.47
 Соловьева М.А. 22.05-01.149
 Соловьева Ю. 22.05-01.374
 Солодовников А.В. 22.05-01.212
 Сорокин Б.П. 22.05-01.107
 Сотникова Ю.В. 22.05-01.347,
 22.05-01.375
 Софронов И.Л. 22.05-01.42
 Станишевский Я.И. 22.05-01.239
 Стародубцев Е.П. 22.05-01.18
 Стародубцев П.А. 22.05-01.18,
 22.05-01.19, 22.05-01.153
 Старухина С.С. 22.05-01.112
 Стагников И.Н. 22.05-01.245
 Стахов Б.Г. 22.05-01.259
 Столяров В.А. 22.05-01.375
 Стоянова А. 22.05-01.242
 Стрелец Д.Ю. 22.05-01.55
 Стрельченко В.В. 22.05-01.39
 Стручкова Т.С. 22.05-01.298
 Суворов И.А. 22.05-01.54
 Сулаков А.С. 22.05-01.268
 Сулиз К.В. 22.05-01.274
 Супрунчик В.В. 22.05-01.170
 Сулова И.А. 22.05-01.427
 Сутариа Ф. 22.05-01.374
 Сутырин О.Г. 22.05-01.187
 Сухинец Ж.А. 22.05-01.198
 Сухинов А.И. 22.05-01.144
 Сычев А.Е. 22.05-01.179
 Сычев А.М. 22.05-01.284
 Сычев М.П. 22.05-01.284
 Сясько В.А. 22.05-01.231
 Сячина Т.А. 22.05-01.465

Т

Танака Сатоши 22.05-01.126
 Тарлаковский Д.В. 22.05-01.68
 Таровик В.И. 22.05-01.217
 Таюрский А.А. 22.05-01.101
 Теплых А.А. 22.05-01.130
 Терентьев М.А. 22.05-01.58
 Терехов К.М. 22.05-01.310
 Терещенко В.Е. 22.05-01.414
 Тертышников А.В. 22.05-01.404
 Тетерин В.Н. 22.05-01.259
 Тилляева Н.И. 22.05-01.33
 Тимерман И.Б. 22.05-01.280
 Тимошенко В.Г. 22.05-01.159
 Титов А.В. 22.05-01.426
 Титов Д.А. 22.05-01.283
 Титов М.Ю. 22.05-01.225
 Титов Н.О. 22.05-01.150
 Тихонов А.А. 22.05-01.410

Тихоцкий С.А. 22.05-01.163
 Ткачева Л.Т. 22.05-01.221
 Ткаченко А.Ю. 22.05-01.444
 Токарев М.Ю. 22.05-01.149,
 22.05-01.150
 Толмачев А.М. 22.05-01.438
 Толстых А.И. 22.05-01.34,
 22.05-01.49
 Томак В.И. 22.05-01.81
 Томашова А.С. 22.05-01.266
 Томилова И.В. 22.05-01.423
 Топчило Н.А. 22.05-01.348
 Трасковский В.И. 22.05-01.19
 Третьяков В.И. 22.05-01.412
 Третьяков П.К. 22.05-01.184
 Третьяков С.А. 22.05-01.23
 Троицкий А.В. 22.05-01.227
 Тропин Д.А. 22.05-01.206
 Трубицына Н.Г. 22.05-01.437
 Трухачев Ф.М. 22.05-01.102
 Трушкин С.А. 22.05-01.446
 Трушников Д.Н. 22.05-01.140
 Тушкин А.В. 22.05-01.184
 Тутуков А.В. 22.05-01.433
 Тюльбашев С.А. 22.05-01.322,
 22.05-01.456
 Тюрина А.В. 22.05-01.45,
 22.05-01.57, 22.05-01.59

У

Удовицкий Р.Ю. 22.05-01.375
 Ужегов Д.В. 22.05-01.163
 Уйманова В.А. 22.05-01.266
 Улин С.Е. 22.05-01.261
 Ульянов А.С. 22.05-01.447
 Ураксеев М.А. 22.05-01.142,
 22.05-01.211
 Утешев З.М. 22.05-01.261
 Уткин Д.А. 22.05-01.55

Ф

Фабрика С. 22.05-01.374
 Фазилова Д.Ш. 22.05-01.370
 Фам Тхэ Шон 22.05-01.83,
 22.05-01.84
 Фараносов Г.А. 22.05-01.24,
 22.05-01.172, 22.05-01.174,
 22.05-01.193
 Фатхуллин Т.А. 22.05-01.379,
 22.05-01.380
 Федоров А.В. 22.05-01.169
 Федоров И.С. 22.05-01.169
 Федорова Н.Н. 22.05-01.61,
 22.05-01.185, 22.05-01.186
 Федотов Л.В. 22.05-01.342,
 22.05-01.350, 22.05-01.352,
 22.05-01.357, 22.05-01.361
 Филатов М.А. 22.05-01.23
 Филиппов Д.В. 22.05-01.339
 Фирсов Г.И. 22.05-01.245
 Фурдуев В.В. 22.05-01.251

Х

Хабибуллин И.И. 22.05-01.446
 Хаврошкин О.Б. 22.05-01.126,
 22.05-01.213, 22.05-01.311
 Хадарцев А.А. 22.05-01.23
 Халимов Б.Т. 22.05-01.370
 Халиуллина А.И. 22.05-01.430
 Хамроев У.Х. 22.05-01.384,
 22.05-01.385, 22.05-01.386,
 22.05-01.389, 22.05-01.390,

22.05-01.392, 22.05-01.393,
 22.05-01.413

Харрасов А.М. 22.05-01.462
 Харченко А.В. 22.05-01.455
 Хвостов Е.Ю. 22.05-01.348
 Хисматуллин А.Г. 22.05-01.265
 Хисматуллин А.С. 22.05-01.265
 Хищенко К.В. 22.05-01.309
 Хлюпин А.Н. 22.05-01.163
 Хмельёв В.Н. 22.05-01.269
 Ходжаев Ю.П. 22.05-01.134
 Ходжахонов И.Т. 22.05-01.133
 Холкин А.Н. 22.05-01.282
 Холодкова А.А. 22.05-01.118
 Хоперсков А.В. 22.05-01.426
 Хохлова В.А. 22.05-01.57, 22.05-01.59
 Хроль И.Н. 22.05-01.329

Ц

Цззин Сюй 22.05-01.123
 Цыба Е.Н. 22.05-01.356
 Цыганкова Л.В. 22.05-01.137
 Цыганок С.Н. 22.05-01.269
 Цыплаков В.В. 22.05-01.126,
 22.05-01.213, 22.05-01.311

Ч

Чавуш С. 22.05-01.381
 Чазов В.В. 22.05-01.389
 Чакраборти М. 22.05-01.374
 Чарахчян А.А. 22.05-01.309
 Чашей И.В. 22.05-01.322,
 22.05-01.456
 Чебачев В.О. 22.05-01.103,
 22.05-01.104
 Чебров Д.В. 22.05-01.169
 Чебуркина М.Н. 22.05-01.236
 Чернетенко Ю.А. 22.05-01.351
 Чернов А.А. 22.05-01.85, 22.05-01.86,
 22.05-01.87, 22.05-01.88,
 22.05-01.89, 22.05-01.90
 Черногор Л.Ф. 22.05-01.93
 Черных В.В. 22.05-01.197
 Черных Д.В. 22.05-01.138
 Чернышев И.Л. 22.05-01.200
 Чернышев С.А. 22.05-01.24,
 22.05-01.172, 22.05-01.173,
 22.05-01.177
 Чертова Н.В. 22.05-01.77
 Чжоу В.Р. 22.05-01.274
 Чистяков А.Е. 22.05-01.144
 Чмырева Е.Г. 22.05-01.373
 Чобанзаде И.Г. 22.05-01.402
 Чувахов П.В. 22.05-01.46,
 22.05-01.50
 Чувашов И.Н. 22.05-01.423
 Чугай Н.Н. 22.05-01.450
 Чуркин А.А. 22.05-01.271,
 22.05-01.296, 22.05-01.297
 Чучева Г.В. 22.05-01.112

Ш

Шабанова А.В. 22.05-01.214
 Шавель С.С. 22.05-01.120
 Шакин О.В. 22.05-01.108
 Шакирзянов А.Ф. 22.05-01.319
 Шакурова Л.А. 22.05-01.307
 Шамов А.О. 22.05-01.338
 Шарфарез Б.П. 22.05-01.115
 Шатохин А.В. 22.05-01.160
 Шахворостова Н.Н. 22.05-01.334
 Швецов И.А. 22.05-01.250

Швецова Н.А. **22.05-01.250**
Шевченко А.В. **22.05-01.446**
Шевченко О.Е. **22.05-01.16**
Шевчук В.П. **22.05-01.279**
Шевяков В.И. **22.05-01.194**
Шейнин Ю.Е. **22.05-01.161**
Шейнман Л.Е. **22.05-01.287**
Шенель Л. **22.05-01.40**
Шерменева М.А. **22.05-01.41**
Шерстобитов В.В. **22.05-01.273**
Шерстов И.В. **22.05-01.121**
Шестаков С.А. **22.05-01.427**
Шехтман А.В. **22.05-01.79**
Шибков В.М. **22.05-01.99**
Шилов С.О. **22.05-01.409**
Шильников Е.В. **22.05-01.53**
Шиманчук Д.В. **22.05-01.453**
Широбоков Д.А. **22.05-01.30,**
22.05-01.34, 22.05-01.49
Широбоков М.П. **22.05-01.293**
Шишкина А.Ф. **22.05-01.224**
Шишковский И.В. **22.05-01.118**
Шкляр Д.Р. **22.05-01.324**
Шляхтенков С.П. **22.05-01.267,**
22.05-01.285

Шмыров А.С. **22.05-01.453**
Шмыров В.А. **22.05-01.453**
Шоёкубов Ш.Ш. **22.05-01.391**
Шор В.А. **22.05-01.372**
Шорстов В.А. **22.05-01.201**
Шрейдер А.А. **22.05-01.148**
Штукин Л.В. **22.05-01.65**
Штыковский А.Е. **22.05-01.444**
Шубин В.Н. **22.05-01.401**
Шуваев В.Г. **22.05-01.276**
Шувалов С.Д. **22.05-01.418**
Шуляпов С.А. **22.05-01.219**
Шуранов В. **22.05-01.241**
Шустов Б.М. **22.05-01.436,**
22.05-01.442
Шушпанов Д. **22.05-01.109**

Щ

Щуров М.А. **22.05-01.465**

Э

Эркенов А.К. **22.05-01.375**

Ю

Юдин М.А. **22.05-01.172,**
22.05-01.173
Юлдашев П.В. **22.05-01.57,**
22.05-01.59
Юношев А.С. **22.05-01.191**
Юров А.В. **22.05-01.461**
Юров В.А. **22.05-01.461**
Юрова А.А. **22.05-01.461**
Юсупов В.И. **22.05-01.138**
Юшков И.И. **22.05-01.17**

Я

Ягудин И.Р. **22.05-01.305**
Ягудина Э.И. **22.05-01.349**
Яковец М.А. **22.05-01.166,**
22.05-01.196
Яковлев А.И. **22.05-01.358**
Яковлев В.А. **22.05-01.371**
Якунин И.А. **22.05-01.376**
Ямкин А.В. **22.05-01.170**
Ямкин М.А. **22.05-01.170**
Янкевич С.Н. **22.05-01.329**

УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

Журналы

- Авиакосмическое приборостроение. 2003, № 3 **22.05-01.179**
 Авиакосмическое приборостроение. 2003, № 5 **22.05-01.287**
 Авиакосмическое приборостроение. 2004, № 3 **22.05-01.161**
 Авиакосмическое приборостроение. 2006, № 4 **22.05-01.105**
 Авиакосмическое приборостроение. 2009, № 12 **22.05-01.288**
 Авиакосмическое приборостроение. 2010, № 1 **22.05-01.180**
 Авиакосмическое приборостроение. 2010, № 10 **22.05-01.289**
 Авиакосмическое приборостроение. 2012, № 9 **22.05-01.290**
 Авиакосмическое приборостроение. 2013, № 11 **22.05-01.198**
 Авиакосмическое приборостроение. 2022, 25, № 3
22.05-01.107, 22.05-01.417
 Акустический журнал. 2022, 68, № 5 **22.05-01.21,**
22.05-01.41, 22.05-01.69, 22.05-01.71, 22.05-01.74,
22.05-01.114, 22.05-01.115, 22.05-01.129, 22.05-01.130,
22.05-01.138, 22.05-01.139, 22.05-01.146, 22.05-01.205,
22.05-01.219
 Астрон. ж. 2022, 99, № 7 **22.05-01.428, 22.05-01.429,**
22.05-01.430, 22.05-01.431, 22.05-01.432, 22.05-01.433,
22.05-01.434, 22.05-01.435, 22.05-01.436
 Астрон. ж. 2022, 99, № 8 **22.05-01.437, 22.05-01.438,**
22.05-01.439, 22.05-01.440, 22.05-01.441, 22.05-01.442
 Астрономический вестник. 2022, 56, № 5 **22.05-01.418,**
22.05-01.419, 22.05-01.420, 22.05-01.421, 22.05-01.422,
22.05-01.423, 22.05-01.424
 Астрофизический бюллетень. 2022, 77, № 3 **22.05-01.373,**
22.05-01.374, 22.05-01.375, 22.05-01.376, 22.05-01.377,
22.05-01.378, 22.05-01.379, 22.05-01.380, 22.05-01.381,
22.05-01.382, 22.05-01.383
 Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского
 технологического университета. 2022, 21, № 7
22.05-01.83
 Вестн. Казан. технол. ун-та (ранее Вестник Казанского
 технологического университета — 1998—2015). 2022, 21, № 8
22.05-01.84
 Вестник Балтийского федерального ун-та.
 Физико-математические науки. 2021, № 4 **22.05-01.323,**
22.05-01.461
 Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2022, № 3
22.05-01.465, 22.05-01.466
 Вестник научно-технического развития. 2022, № 164
22.05-01.230, 22.05-01.245
 Вестник новых медицинских технологий: Теор. и науч.-практ.
 журн. 2020, 26, № 4 **22.05-01.23**
 Вестник Пермского национального исследовательского
 политехнического университета. Механика. 2022, № 1
22.05-01.52
 Вестник Пермского национального исследовательского
 политехнического университета. Механика. 2022, № 2
22.05-01.140
 Вестник Российской академии наук (РАН). 2022, 92, № 10
22.05-01.43
 Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1:
 Математика. Механика. Астрономия. 2022, 9, № 1
22.05-01.426
 Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1:
 Математика. Механика. Астрономия. 2022, 9, № 2
22.05-01.65, 22.05-01.66, 22.05-01.67, 22.05-01.307
 Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета
 геосистем и технологий). 2020, 25, № 3 **22.05-01.414**
 Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета
 геосистем и технологий). 2020, 25, № 5 **22.05-01.415**
 Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета
 геосистем и технологий). 2022, 27, № 1 **22.05-01.416**
 Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета
 геосистем и технологий). 2022, 27, № 3 **22.05-01.64**
 Вопросы радиоэлектроники. 2020, № 9 **22.05-01.103**
 Вопросы радиоэлектроники. 2020, № 10 **22.05-01.104**
 Гелиогеофизические исследования. 2021, № 34
22.05-01.399, 22.05-01.400, 22.05-01.401, 22.05-01.402,
22.05-01.403, 22.05-01.404
 Геотехника. 2019, 11, № 3 **22.05-01.296**
 Геотехника. 2019, 11, № 4 **22.05-01.297**
 Геотехника. 2020, 12, № 3 **22.05-01.271**
 Геотехника. 2021, 13, № 3 **22.05-01.293**
 Геотехника. 2021, 13, № 6 **22.05-01.149, 22.05-01.150**
 Геофизика. 2022, № 2 **22.05-01.39, 22.05-01.148,**
22.05-01.208, 22.05-01.304
 Геофизика. 2022, № 4 **22.05-01.305, 22.05-01.306**
 Геофизические исследования. 2020, 21, № 1 **22.05-01.220**
 Геофизические исследования. 2021, 22, № 1 **22.05-01.169,**
22.05-01.209
 Геофизические исследования. 2021, 22, № 3 **22.05-01.210**
 Геофизические исследования. 2022, 23, № 2 **22.05-01.163**
 Гидроакустика. 2022, № 50 **22.05-01.22, 22.05-01.76,**
22.05-01.147, 22.05-01.154, 22.05-01.155, 22.05-01.158,
22.05-01.159, 22.05-01.160, 22.05-01.162, 22.05-01.244
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2019, 62,
 № 11-12 **22.05-01.133, 22.05-01.384**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020, 63,
 № 1-2 **22.05-01.301, 22.05-01.385**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020, 63,
 № 3-4 **22.05-01.134, 22.05-01.386**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020, 63,
 № 5-6 **22.05-01.302, 22.05-01.387, 22.05-01.388**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020, 63,
 № 7-8 **22.05-01.389**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020, 63,
 № 9-10 **22.05-01.390, 22.05-01.391**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2020, 63,
 № 11-12 **22.05-01.135, 22.05-01.392**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021, 64,
 № 1-2 **22.05-01.393, 22.05-01.394**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021, 64,
 № 3-4 **22.05-01.395**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021, 64,
 № 5-6 **22.05-01.396**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2021, 64,
 № 7-8 **22.05-01.303, 22.05-01.397**
 Доклады академии наук республики Таджикистан. 2022, 65,
 № 3-4 **22.05-01.398**
 Доклады Российской академии наук. Физика, технические
 науки. 2022, 506, № 1 **22.05-01.1, 22.05-01.24,**
22.05-01.165, 22.05-01.166, 22.05-01.171, 22.05-01.172,
22.05-01.173, 22.05-01.174, 22.05-01.177, 22.05-01.178,
22.05-01.193, 22.05-01.194, 22.05-01.195, 22.05-01.196,
22.05-01.197
 Ж. эксперим. и теор. физ. 2022, 162, № 4 **22.05-01.327**
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2021, 61, № 1 **22.05-01.53, 22.05-01.54,**
22.05-01.175
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2021, 61, № 3 **22.05-01.26**
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2021, 61, № 4 **22.05-01.27, 22.05-01.28,**
22.05-01.40
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2021, 61, № 10 **22.05-01.29, 22.05-01.119,**
22.05-01.204, 22.05-01.309
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2021, 61, № 11 **22.05-01.42, 22.05-01.92,**
22.05-01.188
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2022, 62, № 1 **22.05-01.30, 22.05-01.189**
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2022, 62, № 2 **22.05-01.31, 22.05-01.144,**
22.05-01.243
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2022, 62, № 3 **22.05-01.32**
 Журнал вычислительной математики и математической
 физики. 2022, 62, № 4 **22.05-01.33**

- Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 6 **22.05-01.38**
- Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 7 **22.05-01.34**
- Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 8 **22.05-01.75, 22.05-01.310**
- Журнал вычислительной математики и математической физики. 2022. 62, № 11 **22.05-01.68**
- Журнал прикладной спектроскопии. 2020. 87, № 4 **22.05-01.136**
- Журнал прикладной спектроскопии. 2020. 87, № 6 **22.05-01.120**
- Журнал прикладной спектроскопии. 2021. 88, № 3 **22.05-01.108**
- Журнал прикладной спектроскопии. 2022. 89, № 3 **22.05-01.277**
- Журнал прикладной спектроскопии. 2022. 89, № 4 **22.05-01.121**
- Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. 2013, № 1 **22.05-01.85**
- Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. 2013, № 2 **22.05-01.86, 22.05-01.87, 22.05-01.253**
- Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. 2014, № 3 **22.05-01.89**
- Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. 2014, № 9 **22.05-01.90**
- Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова. 2015, № 3 **22.05-01.88**
- Известия вузов. Физика. 2022. 65, № 9 **22.05-01.274**
- Известия НАН Беларуси. Серия физико-математических наук. 2022. 58, № 3 **22.05-01.328**
- Известия НАН Беларуси. Серия физико-технических наук. 2022. 67, № 3 **22.05-01.221, 22.05-01.329**
- Известия Национальной академии наук Таджикистана. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук. 2022, № 1 **22.05-01.413**
- Известия РАН. Серия физическая. 2022. 86, № 11 **22.05-01.131**
- Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2022. 24, № 3 **22.05-01.276**
- Известия Томского политехнического университета. 2022. 333, № 6 **22.05-01.170**
- Инженерная физика. 2001, № 3 **22.05-01.122**
- Инженерная физика. 2002, № 1 **22.05-01.123, 22.05-01.124**
- Инженерная физика. 2004, № 2 **22.05-01.125**
- Инженерная физика. 2009, № 8 **22.05-01.62, 22.05-01.79**
- Инженерная физика. 2009, № 10 **22.05-01.291**
- Инженерная физика. 2010, № 10 **22.05-01.145**
- Инженерная физика. 2011, № 12 **22.05-01.213**
- Инженерная физика. 2012, № 1 **22.05-01.126**
- Инженерная физика. 2012, № 6 **22.05-01.127**
- Инженерная физика. 2012, № 7 **22.05-01.292**
- Инженерная физика. 2012, № 11 **22.05-01.181**
- Инженерная физика. 2013, № 8 **22.05-01.93**
- Инженерная физика. 2013, № 9 **22.05-01.128**
- Инженерная физика. 2014, № 6 **22.05-01.311**
- Инженерная физика. 2016, № 2 **22.05-01.80**
- Инженерная физика. 2016, № 4 **22.05-01.81**
- Инженерная физика. 2016, № 5 **22.05-01.82**
- Инженерная физика. 2018, № 1 **22.05-01.137**
- История науки и техники. 2003, № 11 **22.05-01.16, 22.05-01.251**
- История науки и техники. 2006, № 6 **22.05-01.17**
- История науки и техники. 2006, № 11 **22.05-01.18**
- История науки и техники. 2010, № 1 **22.05-01.19**
- История науки и техники. 2021, № 12 **22.05-01.20**
- Каротажник. 2022, № 2 **22.05-01.272**
- Каротажник. 2022, № 4 **22.05-01.273**
- Контроль. Диагностика. 2022. 25, № 8 **22.05-01.285**
- Контроль. Диагностика. 2022. 25, № 9 **22.05-01.116, 22.05-01.231**
- Космические исследования. 2022. 60, № 5 **22.05-01.405, 22.05-01.406, 22.05-01.407, 22.05-01.408, 22.05-01.409, 22.05-01.410, 22.05-01.411, 22.05-01.412**
- Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2022. 48, № 11 **22.05-01.91**
- Мат. моделир. 2022. 34, № 5 **22.05-01.275**
- Мат. моделир. 2022. 34, № 6 **22.05-01.427**
- Мат. моделир. 2022. 34, № 7 **22.05-01.44, 22.05-01.45, 22.05-01.46, 22.05-01.47, 22.05-01.48, 22.05-01.199, 22.05-01.200**
- Мат. моделир. 2022. 34, № 8 **22.05-01.49, 22.05-01.50**
- Мат. моделир. 2022. 34, № 9 **22.05-01.51, 22.05-01.201**
- Мат. моделир. 2022. 34, № 10 **22.05-01.202, 22.05-01.203**
- Морской сборник. 2022, № 8 **22.05-01.15**
- Морской сборник. 2022, № 10 **22.05-01.151**
- Музыка и время. 2009, № 6 **22.05-01.229**
- Музыка и время. 2009, № 9 **22.05-01.12**
- Музыка и время. 2010, № 1 **22.05-01.240**
- Музыка и время. 2011, № 1 **22.05-01.13**
- Музыка и время. 2012, № 7 **22.05-01.241**
- Музыка и время. 2014, № 2 **22.05-01.242**
- Музыка и время. 2015, № 11 **22.05-01.14**
- Музыковедение. 2008, № 6 **22.05-01.232**
- Музыковедение. 2008, № 7 **22.05-01.233**
- Музыковедение. 2010, № 3 **22.05-01.234**
- Музыковедение. 2011, № 3 **22.05-01.235**
- Музыковедение. 2012, № 6 **22.05-01.236**
- Музыковедение. 2012, № 11 **22.05-01.237**
- Музыковедение. 2013, № 10 **22.05-01.238**
- Музыковедение. 2015, № 2 **22.05-01.239**
- Музыковедение. 2020, № 6 **22.05-01.228**
- Письма в Астрон. ж. 2022. 48, № 7 **22.05-01.443, 22.05-01.444, 22.05-01.445, 22.05-01.446, 22.05-01.447**
- Письма в Астрон. ж. 2022. 48, № 8 **22.05-01.448, 22.05-01.449, 22.05-01.450, 22.05-01.451, 22.05-01.452, 22.05-01.453**
- Письма в Журнал технической физики. 2022. 48, № 20 **22.05-01.117, 22.05-01.250**
- Письма в Журнал технической физики. 2022. 48, № 21 **22.05-01.118, 22.05-01.132**
- Приборы. 2022, № 9 **22.05-01.141**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006, № 6 **22.05-01.278**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006, № 11 **22.05-01.279**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007, № 3 **22.05-01.280**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007, № 6 **22.05-01.281**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2007, № 7 **22.05-01.282**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2016, № 4 **22.05-01.252**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2018, № 3 **22.05-01.283**
- Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2022, № 3 **22.05-01.284**
- Прикладная механика и техническая физика. 2022. 83, № 5 **22.05-01.63, 22.05-01.70, 22.05-01.72**
- Прикладная физика и математика. 2013, № 2 **22.05-01.258**
- Промышленные АСУ и контроллеры. 2003, № 5 **22.05-01.254**
- Промышленные АСУ и контроллеры. 2010, № 5 **22.05-01.255**
- Промышленные АСУ и контроллеры. 2011, № 6 **22.05-01.224**
- Промышленные АСУ и контроллеры. 2011, № 9 **22.05-01.256**
- Промышленные АСУ и контроллеры. 2012, № 3 **22.05-01.257**
- Промышленные АСУ и контроллеры. 2018, № 1 **22.05-01.246**
- Промышленные АСУ и контроллеры. 2021, № 2 **22.05-01.225**
- Сибирский аэрокосмический журнал. 2022. 23, № 3 **22.05-01.226**
- Справочник инженера. 2014, № 6 **22.05-01.295**
- Справочник инженера. 2016, № 10 **22.05-01.294**
- Справочник инженера. 2017, № 12 **22.05-01.286**

- Теплофиз. и аэромех. 2022, № 4 **22.05-01.308**
- Труды Крыловского государственного научного центра. 2022, № 3 **22.05-01.37, 22.05-01.78, 22.05-01.217, 22.05-01.223, 22.05-01.227**
- Труды МАИ. 2022, № 6 **22.05-01.25, 22.05-01.270, 22.05-01.425**
- Ученые записки Казанского государственного университета. Серия Физико-математические науки. 2022. 164, № 1 **22.05-01.60, 22.05-01.176**
- Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 1 **22.05-01.56, 22.05-01.315**
- Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 2 **22.05-01.218**
- Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 4 **22.05-01.36, 22.05-01.57, 22.05-01.168, 22.05-01.316, 22.05-01.317, 22.05-01.318, 22.05-01.319, 22.05-01.320, 22.05-01.321, 22.05-01.454, 22.05-01.455, 22.05-01.456, 22.05-01.457, 22.05-01.458, 22.05-01.459, 22.05-01.460**
- Ученые записки физического ф-та МГУ. 2022, № 5 **22.05-01.58, 22.05-01.59, 22.05-01.322**
- Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2022. 25, № 2 **22.05-01.106, 22.05-01.312**
- Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2022. 25, № 3 **22.05-01.109, 22.05-01.313**
- Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 3 **22.05-01.61, 22.05-01.182, 22.05-01.190, 22.05-01.191, 22.05-01.206**
- Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 4 **22.05-01.183, 22.05-01.192**
- Физика горения и взрыва. 2022. 58, № 5 **22.05-01.184, 22.05-01.185, 22.05-01.186, 22.05-01.187**
- Физика плазмы. 2022. 48, № 4 **22.05-01.94, 22.05-01.95, 22.05-01.96**
- Физика плазмы. 2022. 48, № 5 **22.05-01.97, 22.05-01.98**
- Физика плазмы. 2022. 48, № 6 **22.05-01.462**
- Физика плазмы. 2022. 48, № 7 **22.05-01.99, 22.05-01.324, 22.05-01.325**
- Физика плазмы. 2022. 48, № 9 **22.05-01.463**
- Физика плазмы. 2022. 48, № 10 **22.05-01.100, 22.05-01.101, 22.05-01.102, 22.05-01.464**
- Физика твердого тела. 2022. 64, № 9 **22.05-01.110**
- Физика твердого тела. 2022. 64, № 10 **22.05-01.111, 22.05-01.112**
- Физика твердого тела. 2022. 64, № 11 **22.05-01.113, 22.05-01.326**
- Физическая мезомеханика. 2022. 25, № 2 **22.05-01.77**
- Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2022. 15, № 2 **22.05-01.35, 22.05-01.55, 22.05-01.152**
- Химическая физика и мезоскопия. 2022. 24, № 1 **22.05-01.314**
- Химическая физика и мезоскопия. 2022. 24, № 2 **22.05-01.73**
- Экологические системы и приборы. 2003, № 7 **22.05-01.153**
- Экологические системы и приборы. 2003, № 11 **22.05-01.259**
- Экологические системы и приборы. 2006, № 5 **22.05-01.167**
- Экологические системы и приборы. 2006, № 9 **22.05-01.211**
- Экологические системы и приборы. 2007, № 2 **22.05-01.207**
- Экологические системы и приборы. 2009, № 8 **22.05-01.260**
- Экологические системы и приборы. 2010, № 5 **22.05-01.142**
- Экологические системы и приборы. 2010, № 9 **22.05-01.143**
- Экологические системы и приборы. 2011, № 3 **22.05-01.212**
- Экологические системы и приборы. 2011, № 5 **22.05-01.261**
- Экологические системы и приборы. 2013, № 4 **22.05-01.262**
- Экологические системы и приборы. 2014, № 9 **22.05-01.214**
- Экологические системы и приборы. 2014, № 11 **22.05-01.263**
- Экологические системы и приборы. 2015, № 5 **22.05-01.247**
- Экологические системы и приборы. 2015, № 12 **22.05-01.164, 22.05-01.264**
- Экологические системы и приборы. 2016, № 1 **22.05-01.215**
- Экологические системы и приборы. 2016, № 2 **22.05-01.248**
- Экологические системы и приборы. 2016, № 6 **22.05-01.249**
- Экологические системы и приборы. 2017, № 2 **22.05-01.265**
- Экологические системы и приборы. 2017, № 6 **22.05-01.216**
- Экологические системы и приборы. 2018, № 1 **22.05-01.222**
- Экологические системы и приборы. 2018, № 8 **22.05-01.156, 22.05-01.157**
- Экологические системы и приборы. 2021, № 9 **22.05-01.266**
- Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 2 **22.05-01.298**
- Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 3 **22.05-01.267, 22.05-01.268**
- Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 4 **22.05-01.269, 22.05-01.299**
- Южно-Сибирский научный вестник. 2022, № 5 **22.05-01.300**

Конференции и сборники

- Труды Института прикладной астрономии РАН № 54. СПб.: ИПА РАН. 2020 **22.05-01.330, 22.05-01.331, 22.05-01.332, 22.05-01.333, 22.05-01.334, 22.05-01.335, 22.05-01.336, 22.05-01.337, 22.05-01.338**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 55. СПб.: ИПА РАН. 2020 **22.05-01.339, 22.05-01.340, 22.05-01.341, 22.05-01.342, 22.05-01.343, 22.05-01.344, 22.05-01.345**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 56. СПб.: ИПА РАН. 2021 **22.05-01.346, 22.05-01.347, 22.05-01.348, 22.05-01.349, 22.05-01.350, 22.05-01.351**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 57. СПб.: ИПА РАН. 2021 **22.05-01.352, 22.05-01.353, 22.05-01.354, 22.05-01.355, 22.05-01.356, 22.05-01.357, 22.05-01.358**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021 **22.05-01.359, 22.05-01.360, 22.05-01.361, 22.05-01.362, 22.05-01.363, 22.05-01.364, 22.05-01.365, 22.05-01.366**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН. 2021 **22.05-01.367, 22.05-01.368, 22.05-01.369, 22.05-01.370, 22.05-01.371, 22.05-01.372**

Книги

- Астрономический ежегодник на 2022 год. СПб: УНнО МО РФ. 2022 **22.05-01.11К**
- Морской Астрономический Ежегодник на 2022 г. 93-й год изд. Серия: Морской астрономический ежегодник. СПб: УНнО МО РФ. 2021 **22.05-01.5К**
- Морской Астрономический Ежегодник на 2023 г. 94-й год изд. Серия: Морской астрономический ежегодник. СПб: УНнО МО РФ. 2022 **22.05-01.10К**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 54. СПб.: ИПА РАН. 2020 **22.05-01.3К**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 55. СПб.: ИПА РАН. 2020 **22.05-01.4К**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 56. СПб.: ИПА РАН. 2021 **22.05-01.6К**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 57. СПб.: ИПА РАН. 2021 **22.05-01.7К**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 58. СПб.: ИПА РАН. 2021 **22.05-01.8К**
- Труды Института прикладной астрономии РАН № 59. СПб.: ИПА РАН. 2021 **22.05-01.9К**
- Эфемериды малых планет на 2021 год. СПб: ИПМ. 2020 **22.05-01.2К**

СОДЕРЖАНИЕ

Конгрессы, конференции, семинары, симпозиумы, советы, совещания	22.05-01.1
Библиография	22.05-01.2
Персоналии	22.05-01.12
Классические проблемы линейной акустики и теории волн	22.05-01.24
Нелинейная акустика	22.05-01.74
Физическая акустика	22.05-01.77
Акустика океана, гидроакустика	22.05-01.142
Атмосферная и аэроакустика	22.05-01.165
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика	22.05-01.205
Акустическая экология; Шумы и вибрации	22.05-01.214
Акустика помещений; Музыкальная акустика	22.05-01.228
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование	22.05-01.243
Акустика живых систем; Биологическая акустика	22.05-01.245
Физические основы технической акустики	22.05-01.252
Акустика в инженерном деле	22.05-01.298
Физика	22.05-01.301
Астрономия	22.05-01.330
Авторский указатель Указатель источников	