

# СИГНАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

## 01. АКУСТИКА

### ОТДЕЛЬНЫЙ ВЫПУСК

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

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

Издается с 2013 г.

№ 05  
Москва 2024

Выходит 6 раз в год

### Библиография

**24.05-01.1К Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики.** Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб. 2024. ISBN 978-5-7422-8517-5

В сборнике опубликованы доклады, представленные на VIII научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики». Сборник состоит из пяти частей, названия которых соответствуют наименованию секций конференции. В материалах докладов и общий рассмотрен широкий круг научных и прикладных проблем гидроакустики и гидрофизики, актуальных для отечественных организаций. Особое внимание уделено результатам в научно-технической области, связанной с гидроакустическими преобразователями и датчиками, гидроакустическими и гидрофизическими системами и антенными решетками, информационными технологиями, методами и средствами регистрации гидроакустических полей и морских объектов; также освещены вопросы исследования и освоения океана и его ресурсов.

**24.05-01.2К Живые локаторы океана. Библиотека инженера-гидроакустика.** Сергеев Б.Ф. Л.: Гидрометеоздат. 1980, 147 с.

Книга знакомит читателя с живыми локаторами морских пучин: дельфинами, китами, тюленями, пингвинами, которые с помощью своего сонарного устройства определяют расстояние до подводных объектов, их размер, форму, структуру. Локация позволяет им «видеть» подводный объект одновременно со всех сторон. В этом отношении сонарное устройство морских животных превосходит возможности любых органов чувств и любых технических средств. Исследования, о которых идет рассказ, направлены на всеобъемлющее изучение механизмов биолокации с целью совершенствования соответствующих технических

средств локации, одного из важнейших методов изучения морских глубин.

**24.05-01.3К Гидроакустическое телеуправление. Библиотека инженера-гидроакустика.** Тарасюк Ю.Ф. Л.: Судостроение. 1985, 200 с.

В книге впервые освещается современное состояние и перспективы развития новых методов и средств дистанционного управления объектами в океане, решающих задачи обеспечения мореплавания, разведки и добычи полезных ископаемых, рыболовства, гидрофизических исследований. Таблицы, графики и другая систематизированная информация предназначена для специалистов научно-исследовательских институтов и промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, занятых изучением, проектированием, размещением, использованием и эксплуатацией подводной техники.

**24.05-01.4К Обнаружение сигналов в нестационарных гидроакустических условиях. Библиотека инженера-гидроакустика.** Розов А.К. Л.: Судостроение. 1987, 132 с.

Описаны методы повышения вероятности обнаружения сигнала, основанные на использовании модифицированного байесовского правила определения наилучшего момента остановки наблюдения. С помощью цифрового моделирования определена эффективность найденных процедур обнаружения сигнала.

**24.05-01.5К Измерение в промышленности. Справочник, под ред. П. Профоса, пер. с немецкого, 2-е изд., перераб. и дополн. Т.3.** М.: Металлургия. 1990

В третьей книге справочного издания подробно изложены применяемые в настоящее время в промышленности методы измерения различных параметров и дано описание современных контрольно-измерительных приборов для определения концентрации и состава величины ионизирующего излучения, световых величины, шумов и др.

### Персоналии

**24.05-01.6 Павел Петрович Паренаго и его имя в науке.** Кузнецова И.В., Прохоров М.Е. *Астрономический журнал.* 2024. 101, № 2, с. 66-76. Рус.

Приведена краткая биография одного из основателей звездной астрономии как науки — Павла Петровича Паренаго. Рас-

смотрен вопрос о том, какие научные феномены и объекты в астрономии носят его имя.

**24.05-01.7 Памяти Алексея Александровича Старобинского (19.04.1948—21.12.2023).** *Письма в Астрон. ж.* 2024. 50, № 1, с. 117-118. Рус.

**24.05-01.8 Использование результатов боевого применения гидроакустических средств в период Великой Отечественной войны для совершенствования вооружения отечественного Военно-Морского Флота (Часть 1).** Попов В.А. *Гидроакустика*. 2024, № 59, с. 98-103. Рус.

Рассматриваются примеры боевого применения гидроакустических средств в ходе операций, проведенных военно-морскими силами СССР в период Великой Отечественной войны. Раскрываются эпизоды истории совершенствования вооружения Военно-Морского Флота, в том числе и гидроакустического, по-

сле окончания войны.

**24.05-01.9 Кто и когда открыл космические лучи?** Лидванский А.С. *УФН*. 2024. 194, № 9, с. 999-1006. Рус.

Краткий очерк об истории открытия космических лучей и о причинах того странного обстоятельства, что имя Д.В. Скобельцына, первым наблюдавшего треки космических лучей, не было упомянуто в речах лауреата (В. Гесс) и номинатора (А. Комpton) Нобелевской премии за открытие космических лучей, хотя было названо первым в речи лауреата Нобелевской премии за открытие позитрона (К.Д. Андерсон).

## Классические проблемы линейной акустики и теории волн

### Математическая теория распространения волн

**24.05-01.10 К вопросу обобщения формулы Стокса.** Гладков С.О. *Известия вузов. Физика*. 2024. 67, № 4, с. 106-111. Рус.

Приводится обобщение формулы Стокса, позволяющей вычислять силу сопротивления для любых шарообразных тел, в том числе сильно неоднородных по составу. Показано, что во всех физически интересных случаях при использовании различных граничных условий в предельном переходе к однородному твердому шару всегда получается классическая формула Стокса.

**24.05-01.11 О выводе формулы Стокса с учетом проскальзывания.** Гладков С.О., Зо А. *Известия вузов. Физика*. 2024. 67, № 9, с. 84-89. Рус.

Приведено подробное вычисление силы Стокса при учете эффекта проскальзывания. Задача ставится как смешанная граничная задача математической физики с подробным анализом в разных частных случаях.

**24.05-01.12 Валидационный расчет несжимаемого течения в системе пористое тело—свободный поток.** Чурбанов А.Г. *Мат. моделир.* 2024. 36, № 5, с. 101-119. Рус.

Работа посвящена обоснованию применимости модели для сопряженного расчета течений в системе пористое тело—свободный поток. Рассмотренная модель основана на обобщенных уравнениях Навье—Стокса для несжимаемой жидкости, полученных усреднением по представительному элементарному объему пористой среды и записанных для всей расчетной области, включающей в себя как пористое тело, так и чистую жидкость. Численная реализация модели выполнена с использованием открытой вычислительной платформы FEniCS. Для тестирования модели использовались данные экспериментов, в которых измерялись профили скорости потока жидкости в канале прямоугольного сечения, частично заполненном пористым телом. Модельное пористое тело представляло собой квадратный массив параллельных круглых стержней, расположенных вертикально на участке дна канала. Валидационные расчеты течения, соответствующего режиму фильтрации Дарси, показали хорошее совпадение численных результатов со значениями локальных измерений в широком диапазоне величины пористости.

**24.05-01.13 Семейство точных решений уравнений Навье—Стокса для верификации компьютерных программ.** Хорин А.Н. *Тр. МФТИ*. 2020. 12, № 4, с. 80-89. Рус.

Найдено линейное по скорости семейство осесимметричных решений уравнений Навье—Стокса. Любая линейная комбинация полей скорости этого семейства является полем скорости некоторого решения уравнений Навье—Стокса, входящего в найденное семейство. Разные решения, вообще говоря, имеют различные картины линий тока, которые меняются со временем. В отличие от известных винтовых решений, нелинейные и вязкие члены уравнений Навье—Стокса не равны нулю. Поэтому новые решения соответствуют невырожденным уравнениям Навье—Стокса. Полученные точные решения предлагаются для верификации различных приближенных методов и комплексов программ, предназначенных для расчета течений

вязкой несжимаемой жидкости. Ключевые слова: точные решения уравнений Навье—Стокса, осесимметричные течения.

**24.05-01.14 Шестиугольник Сатурна как форма внутренних волн Стокса.** Амромин Э.Л. *Журнал технической физики*. 2024. 94, № 10, с. 1646-1650. Рус.

Рассмотрена упрощенная двумерная задача о внутренних волнах Стокса внутри круга с двумя несжимаемыми жидкостями различной плотности и вихрем вокруг центра этого круга; стационарные течения существуют внутри и снаружи волновой поверхности, разделяющей две жидкости. Форма поверхности определена путем решения нелинейных задач теории потенциала. Численные решения для различных соотношений плотности жидкости и радиуса окружности к размеру стороны шестиугольника сравнены с наблюдаемым шестиугольником — образованием на поверхности Сатурна. Ключевые слова: потенциал скорости, внутренние волны Стокса, скачок плотности в несжимаемой жидкости, итерационный численный метод.

**24.05-01.15 Численное моделирование затопленной газожидкостной струи различной дисперсности.** Костыря А.В. *Вестник Пермского ун-та. Серия: Физика*. 2024, № 3, с. 5-12. Рус.

Рассмотрено движение многофазного потока в выпарной емкости аппарата погружного горения при различной дисперсности газожидкостной струи. Исследование проводилось на примере контейнера с затопленной струей и свободной поверхностью, который является модельным представлением выпарной емкости. Проведена серия численных экспериментов с различными диаметрами пузырьков газа методом конечных объемов. Диаметр пузырьков газа выбирался таким образом, чтобы исключить их дробление. При этом были задействованы вихревая модель турбулентности и модель сопротивления Грейса, учитывающая деформацию пузырьков. В результате численных экспериментов получены данные о зависимости гидродинамического поведения в выпарной емкости от морфологии затопленной струи. Обнаружено наличие неподвижной зоны на кончике газожидкостной струи при ее ударе о выпариваемую среду. Сделан вывод о необходимости учёта морфологии потока для описания структуры течения и, как следствие, определения дальности струи.

**24.05-01.16 Устойчивость трансляционных колебаний зажатой капли маловязкой жидкости.** Алабушев А.А. *Вестник Пермского ун-та. Серия: Физика*. 2024, № 3, с. 50-59. Рус.

Исследуется колебательная динамика капли маловязкой жидкости, окруженной другой жидкостью, при трансляционном вибрационном малоамплитудном воздействии. Капля равновесной цилиндрической формы зажата между параллельными твердыми плоскостями. Краевые углы прямые и постоянные, линии контакта трех сред свободно скользят по поверхности пластин. На поверхности раздела капля—окружающая жидкость учитывается тонкий вязкий пограничный слой. Рассмотрены собственные и вынужденные колебания капли. В основном порядке разложения по малой амплитуде вибраций получены частоты собственных колебаний невязкой цилиндрической капли. В первом порядке разложения найдена поправка к частоте, которая вызвана диссипацией энергии в вязком пограничном слое. Исследована устойчивость вынужденных колебаний по

отношению к малым возмущениям. Параметрический резонанс наступал при выполнении условия синхронизма: частота вибраций равняется сумме частот двух соседних мод собственных колебаний. Найдено выражение, описывающее резонансные области. Показано, что малая вязкость приводит к появлению порога амплитуды вибраций и сдвигу области неустойчивости при сравнении с нулевой вязкостью.

### Лучевая акустика

**24.05-01.17** Конечно-элементное моделирование отражения и прохождения звука через упругий слой с включениями. *Усачева И.А., Вьюшкина И.А., Короткин П.И., Салин М.Б. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 185-188. Рус.*

Разработан подход, основанный на методе конечных элементов, для численного моделирования поглощающих свойств акустических материалов. Задаются неоднородные слои резины, и учитывается их сжатие гидростатическим давлением. Расчеты проводятся в ПО «САТЕС». Воспроизведены результаты, опубликованные ранее в открытых источниках.

См. также **24.05-01.16**

### Отражение, дифракция, рассеяние упругих волн

**24.05-01.18** О рассеянии релеевских и продольных сейсмических волн на локальной неровности грунта. *Заславский Ю.М., Заславский В.Ю. Вычислительная механика сплошных сред. 2024. 17, № 2, с. 194-201. Рус.*

Выполнено 3-D численное моделирование рассеяния сейсмических поверхностных релеевских и продольных волн, распространяющихся по грунту, плотность и упругость которого типичны для геосреды. На границе грунта имеется локальная неровность в виде пустотелой полусферической выемки (усеченной сферы). Показано, что направленность поля рассеяния зависит от вида неоднородности. Из литературы известно, что при переходе к другому виду неоднородности, например, к покрытию границы тонким инертным (массивным) слоем в виде кружка, возникает рассеяние вперед. Рассматривается импульсный режим зондирования неоднородности. В качестве излучателя предлагается использовать короткоимпульсный источник, например, гидроакустический излучатель или подобный ему пульсирующий монополь, неглубоко погруженный под свободную границу. Таким образом, генерируются упругие волны — поверхностная релеевская и обратно отраженная продольная, для регистрации которых применяются сейсмические приемники, устанавливаемые на свободной границе по схеме, которая выглядит как решетка. Анализируется пространственное амплитудное распределение волнового поля в вертикальном (по центру неоднородности) и горизонтальном (на уровне свободной границы) сечениях среды. Характерные особенности волнового поля обусловлены его рассеянием на локальной неоднородности. Исследуются отличительные свойства в изображении волновых рельефов, образующихся на пересечении волновых фронтов продольных волн — отраженной от свободной границы и рассеянной на локальной неоднородности. Установлены признаки, указывающие на присутствие локальной неоднородности и позволяющие диагностировать ее параметры. Обсуждаются способы повышения достоверности и надежности реализации алгоритмов обнаружения и классификации неоднородностей, оценки их сложности, базирующиеся на использовании перечисленных типов волн. На основе применения все более коротких по длительности зондирующих импульсов демонстрируется возможность представления рельефов в деталях и, соответственно, потенциально достижимое пространственное разрешение при зондировании локальных подповерхностных неоднородностей.

### Излучение источников, импеданс, картины полей

**24.05-01.19** Генерация турбулентности в брызговой циркуляции. *Бухарев А.А., Булгаков К.Ю. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 312-314. Рус.*

Рассматривается влияние явления брызговой циркуляции на распределение кинетической энергии турбулентности с использованием негидростатической модели пограничного слоя атмосферы. Модель была модифицирована путем введения параметризации коэффициентов через кинетическую энергию турбулентности. Показано, что при горизонтальной неоднородности подстилающей поверхности турбулентность в планетарном пограничном слое значительно усиливается.

**24.05-01.20** Сезонная изменчивость кинематических характеристик внутренних волн по фоновой стратификации на примере Авачинского залива Тихого океана. *Пиваев М.Д., Софьина Е.В., Романенков Д.А., Зимин А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 322-325. Рус.*

Акватория Авачинского залива Тихого океана находится под постоянным действием приливных процессов. Рельеф дна залива весьма сложен и характеризуется узким шельфом и крутым материковым склоном. Обтекание приливным потоком подводного рельефа приводит к образованию внутренних волн. Цель работы состоит в оценке сезонной изменчивости кинематических характеристик и вертикальной структуры внутренних приливных волн на континентальном склоне Авачинского залива. Ввиду отсутствия прямых наблюдений внутренних приливных волн используется метод разложения колебаний на вертикальные моды. Оценивался сезонный ход кинематических характеристик (длина волны и фазовая скорость), а также исследовалась применимость двухслойного приближения стратификации для оценки этих характеристик.

**24.05-01.21** Воспроизведение профиля ветра по результатам модели прогноза ветровых волн. *Ромашенко Д.Д., Булгаков К.Ю. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 326-328. Рус.*

Представлен метод использования ветрового спектра для оценки профиля ветра в волновом пограничном слое. Приводятся результаты экспериментов модели волнового пограничного слоя с помощью метода.

**24.05-01.22** О генерации коротких зондирующих сигналов пьезопреобразователем эхоскопа. About generation of short probing signals by echoscope piezotransducer. *Konovalova V., Konovalov R., Konovalov S. Вопросы радиозлектроники. 2021, № 2, с. 34-40. Англ.*

**24.05-01.23** Компактная аналитическая модель импульсного электродинамического дискового излучателя. *Попов И.А., Лукин А.В., Пискун Н.В. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2024, № 1, с. 105-111. Рус.*

Предложена математическая модель импульсного электродинамического излучателя дискового типа, работающего в области низких частот. Объектом исследования выступает известная архитектура электромагнитного акустического излучателя со спиралевидной катушкой и проводящим диском. В настоящей работе выполнено построение уравнений электромеханической системы в форме Лагранжа—Максвелла. С применением функций Грина плоской осесимметричной акустической задачи получена оценка силы реакции жидкости. Проводится сравнение результатов численного решения полученных уравнений и

прямого численного расчета в комплексе конечно-элементного анализа COMSOL. Полученная модель показывает хорошее качественное соответствие с результатами конечно-элементного анализа, при этом позволяет производить расчеты с вариацией всех основных параметров модели для проектирования излучателя.

### Численные методы, компьютерное моделирование

**24.05-01.24** Прямое численное моделирование конвекции двойной диффузии при вибрациях. *Козлов Н.В.* *Вычислительная механика сплошных сред.* 2023. 16, № 3, с. 277-288. Рус.

Численно решается задача о развитии конвекции двойной диффузии в плоском слое при воздействии приложенных извне вибраций. Рассматривается двухслойная система смешивающихся жидкостей, помещённая в вертикальные поля силы тяжести и продольных поступательных вибраций. Первое является генератором конвекции: вследствие различия скоростей диффузии у разных растворённых веществ в слое формируются неустойчиво стратифицированные жидкие области. В качестве растворителя используется вода. Нижний слой образован раствором хлорида натрия, а верхний — раствором глюкозы. Нижний слой имеет более высокую плотность, чем верхний. В начальный момент времени система устойчиво стратифицирована. Задача решается в двумерной нестационарной постановке с применением коммерческого пакета ANSYS Fluent. Изучается изменение в поведении жидкостей под действием вибраций. Исследуются конвективные структуры и профили плотности при различной величине вибрационных ускорений, а также эволюция конвективных характеристик. Характер реакции системы на вибрации анализируется в двух аспектах: глобальном и локальном. Глобальный анализ подразумевает описание процессов, протекающих в масштабах всего слоя, а локальный фокусируется на динамике отдельных конвективных структур. Основной эффект от воздействия вибраций заключается в замедлении конвекции. В глобальном масштабе это выражается в снижении скорости роста конвективных структур; со временем эффект становится более заметным (накапливается). В локальном масштабе при сравнительно невысоких вибрационных ускорениях происходит задержка начала конвекции, а при высоких ускорениях конвективные структуры переориентируются и растут в горизонтальном направлении. Полученные результаты могут быть использованы при разработке методов вибрационного управления системами с реакцией/диффузией.

**24.05-01.25** Возбуждение релаксационных колебаний на искривленной межфазной границе в условиях внутренней задачи. *Сираев Р.Р., Брацун Д.А.* *Вычислительная механика сплошных сред.* 2024. 17, № 1, с. 87-97. Рус.

Численно исследуется колебательный режим концентрации конвекции Марангони при абсорбции поверхностно-активного вещества (ПАВ) из однородного внешнего раствора внутрь капли воды. Эффект обусловлен действием постоянной силы тяжести, которая способствует оседанию молекул ПАВ в водной среде. Такой вариант колебательной конвекции, возникающей в условиях внутренней задачи, недавно обнаружен экспериментально. В настоящей работе рассматривается случай химически инертной системы, в которой реакции отсутствуют. Эффекты деформации межфазной поверхности считаются незначительными и во внимание не принимаются. Математическая модель включает уравнения Навье—Стокса, записанные в приближении Хеле—Шоу и Буссинеска, уравнения переноса ПАВ в системе. Полагается, что характерное время адсорбции ПАВ мало по сравнению со временами его диффузии в обоих растворах; это позволяет игнорировать формирование поверхностной фазы. Краевая задача включает условие равновесия системы, учитывающее разные значения химического потенциала в фазах. Показано, что капля воды является аккумулятором ПАВ, который диффундирует из органической фазы. Задача реализована в размерном виде с помощью пакета COMSOL Multiphysics с использованием набора физических констант для уксусной кислоты, которая как многие представители карбоновых кислот обладает свойствами ПАВ в отношении воды. Об-

наружено, что прямое численное моделирование системы способно воспроизвести релаксационные колебания, наблюдаемые в эксперименте, только при дополнительном феноменологическом предположении о неньютоновской реологии межфазной границы, которое ранее предложено для внешней задачи. Обсуждается возможный физический механизм запаздывания в срабатывании неустойчивости Марангони. Показывается, что периодические колебания генерируются внутри капли за счет конкуренции эффекта Марангони и гравитационно-зависимой конвективной неустойчивости раствора. В результате численного моделирования определены структуры конвективного движения на межфазной поверхности и около нее, получена зависимость от времени интенсивности течения, найден диапазон изменения периода колебаний.

**24.05-01.26** Флаттер конической оболочки. *Алгазин С.Д.* *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2023, № 3, с. 11-18. Рус.

Рассматривается флаттер конической оболочки конечной длины. Приведен современный алгоритм без насыщения применительно к задаче флаттера конической оболочки, рассмотрены конкретные расчеты, демонстрирующие его высокую эффективность.

**24.05-01.27** Вычислительный эксперимент в задаче о флаттере цилиндрической оболочки. *Алгазин С.Д.* *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2024, № 1, с. 177-181. Рус.

Рассматривается флаттер цилиндрической оболочки конечной длины, несимметричный случай. Приведен современный алгоритм без насыщения, рассмотрены конкретные расчеты, продемонстрировавшие его высокую эффективность. Показано, что критическая скорость флаттера мало зависит от числа окружных волн.

**24.05-01.28** Численное исследование ударно-волнового нагружения на условия для деактивации клеток рака. *Еремича Г.М., Смолин А.Ю., Мартышина И.П.* *Известия вузов. Физика.* 2024. 67, № 6, с. 39-43. Рус.

Злокачественные новообразования позвоночника считаются одним из видов рака, наиболее способных к активному развитию вторичных опухолевых процессов. Недавние исследования показали, что к остановке роста и миграции раковых клеток приводят сжимающие напряжения более 40 кПа. В данной работе на мезоуровне было проведено численное исследование влияния механических напряжений терапевтической ударной волны на пораженные неопластическими процессами костные ткани с целью регенерации тканей скелета и деактивации раковых областей. Установлено, что эффективным и безопасным для остановки роста злокачественного образования позвоночника является применение среднеинтенсивного ударно-волнового нагружения.

**24.05-01.29** Численное изучение течения около спускаемого аппарата с куполами парашютной системы в его ближнем следе при сверхзвуковом движении. *Бабатов А.В.* *Мат. моделир.* 2024. 36, № 5, с. 3-18. Рус.

На основе консервативных численных методов проведено изучение пространственной нестационарной вихревой структуры потока, возникающей при сверхзвуковом движении в атмосфере спускаемого аппарата и расположенными в его вихревом следе куполами парашютной системой. Рассмотрены варианты парашютной системы, состоящей от одного до семи куполов. Приведены картины течения, возникающего в области между аппаратом и куполами, а также в следе за парашютной системой. Расчеты проведены для различных расстояний между спускаемым аппаратом и куполами. Показано влияние расстояния между аппаратом и куполами на характеристики силового воздействия потока на аппарат и парашютную систему. Моделирование проведено на основе параллельных алгоритмов, реализованных на современных суперкомпьютерных системах.

**24.05-01.30** Численное моделирование способа снижения акустического давления при помощи взаимодействия реактивной струи с потоком воды методом широкополосного шума. *Пешков Р.А., Исправникова О.В.*

*Вестник Пермского национального исследовательского политехнического ун-та. Аэрокосмическая техника.* 2024, № 2(77), с. 5-14. Рус.

В свете прогресса в области аэрокосмической индустрии летательным аппаратам ставятся все более строгие требования относительно уровня шума, что требует разработки эффективных методов его снижения. Прогнозирование уровней акустического шума в большинстве случаев представляет собой сложную задачу, которую можно выявить только в ходе полномасштабного эксперимента. Для сокращения числа экспериментов при исследовании воздействия на множество параметров, изменяющихся в большом диапазоне, можно использовать численное моделирование. Численное моделирование шума имеет высокую актуальность в современном мире, особенно в области аэродинамики и авиации. Это позволяет предсказывать и анализировать шумовые характеристики различных объектов, таких как самолеты, автомобили, вентиляционные системы и др. Такие модели помогают оптимизировать конструкции для снижения шума, улучшения производительности и обеспечения безопасности. Таким образом, численное моделирование шума играет важную роль в различных отраслях и является неотъемлемой частью современных исследований и разработок. В данном исследовании было выяснено, что взаимодействие сверхзвуковой струи с потоком воды является эффективным методом снижения уровня шума. Было проведено моделирование этого процесса с использованием программного пакета ANSYS Fluent. Основные факторы, влияющие на уровень шума, были определены как угол подачи воды, относительное положение коллектора вдоль оси и массовый расход воды. Исследование показало, что наилучшие результаты по снижению шума струи были достигнуты при угле подачи воды 60 градусов и расположении коллектора на расстоянии двух диаметров сопла. Интересно, что варьирование коэффициента массового расхода в пределах исследования практически не оказало влияния на результаты. Это может быть связано с тем, что другие факторы, такие как угол подачи воды и расположение коллектора, имеют более существенное влияние на уровень шума. Таким образом, результаты исследования показывают, что взаимодействие сверхзвуковой струи с потоком воды может быть эффективным методом снижения шума. Дальнейшие исследования могут быть направлены на изучение других факторов, которые могут влиять на этот процесс, а также на оптимизацию параметров для достижения еще более значительного снижения шума. Ключевые слова: сверхзвуковая струя, шум, турбулентность, аэроакустика, ANSYS Fluent, активные методы, численное моделирование, многофазные течения, подача воды, массовый расход.

**24.05-01.31 Разработка звукопоглощающей конструкции с разновысотными и составными резонаторами для авиационных двигателей. Писарев П.В., Агузнянова К.А. Вестник Московского авиац. ин-та.** 2024, 31, № 2, с. 106-116. Рус.

Проведены численные эксперименты по моделированию распространения акустических волн в модельном канале, оснащенном разновысотными и составными резонаторами различного объема. Выявлены эффективные сочетания призматических резонаторов. Выявленные зависимости могут быть использованы при разработке ЗПК для авиационного двигателя. Разработаны схемы и рекомендации по размещению разновысотных и составных резонаторов, которые позволяют увеличить число степеней свободы и акустическую эффективность резонансных звукопоглощающих конструкций. Выполненные исследования позволили выявить закономерности акустических процессов в модельных каналах и разработать однослойные составные звукопоглощающие конструкции, способные работать на нескольких резонансных частотах.

**24.05-01.32 О численном моделировании колебаний в холодной, но вязкой плазме. Чижонков Е.В. Вестник МГУ. Сер. 1: Математика. Механика.** 2024, № 4, с. 32-41. Рус.

Численно анализируется влияние вязкости на нерелятивистские колебания холодной плазмы. С этой целью построена невязная разностная схема типа Мак-Кормака, имеющая более слабое ограничение на устойчивость, чем явная схема, и реализуемая без итераций, что увеличивает ее вычислительную эффек-

тивность в десятки раз. Показано, что учет вязкости плазмы может быть причиной не только затухания амплитуды плазменных колебаний, но и изменения формы решения. При увеличении коэффициента вязкости у решения наблюдается седловая точка, которая сохраняется во времени.

См. также **24.05-01.18**

## Методы измерений и инструменты

См. **24.05-01.15, 24.05-01.22**

## Колебания распределенных систем, вибрации, структурная акустика

**24.05-01.33 Разработка демпфера приборного в составе геленаполненной сейсмокосы. Малевичский Д.Д., Демьянюк Д.Н., Игнатьев М.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научнотехнической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года.** СПб. 2024, с. 165-169. Рус.

Рассматриваются конструктивные особенности демпфера приборного геленаполненной сейсмокосы — такие, как архитектура грузонесущей системы, прокладка линии коммуникации, балансировка плавучести, заполнение демпфера, а также результаты статических испытаний на этапе макетирования.

**24.05-01.34 О модальной локализации параметрических колебаний в системе слабосвязанных микробалочных резонаторов при электротепловом возбуждении. Пискун Н.В., Лукин А.В., Попов И.А., Штукин Л.В. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.** 2024, 515, № 1, с. 51-58. Рус.

Проведено исследование нелинейной динамики параметрически возбуждаемых изгибных колебаний двух слабосвязанных балочных микрорезонаторов при электротепловом возбуждении. Получено установившееся гармоническое распределение температуры в объеме резонаторов в частотной области. Введена система уравнений механически связанных балочных резонаторов с учетом осаждаемой частицы на один из них. С помощью асимптотических методов нелинейной динамики получены уравнения в медленных переменных, которые были исследованы методами теории бифуркаций. Показано, что в идеально симметричной системе в определенном диапазоне частот наблюдается эффект нарушения симметрии — возникновение режима с различными амплитудами колебаний двух балочных резонаторов, что может быть положено в основу нового принципа высокоточных измерений слабых возмущений различной физической природы, в частности — измерений сверхмалых масс осаждаемых частиц.

**24.05-01.35 Методика комплексного моделирования динамических характеристик платформы малого космического аппарата с упругими элементами конструкции. Шаговиков А.В., Нечаев И.Ю. Авиакосмическое приборостроение.** 2024, № 9, с. 23-31. Рус.

Описана методика комплексного моделирования динамических характеристик платформы малого космического аппарата с упругими элементами конструкции. Рассмотрена методика выбора материала и габаритов упругих элементов конструкции платформы малого космического аппарата. Представлены примеры результатов создания комплексной динамической модели углового движения малого космического аппарата наблюдения с упругими элементами конструкции. Ключевые слова: платформа малого космического аппарата, упругие элементы конструкции, динамические характеристики, Solidworks, SimMechanics, Matlab/Simulink. DOI: 10.25791/aviakosmos.9.2024.1429.

**24.05-01.36 Исследование динамики упругих элементов конструкции космических аппаратов с системой раскрытия и зачекочки на основе материала с эффектом памяти формы. Уханов И.Г., Матвеев Г.А., Галкин Я.А. Авиакосмическое приборостроение.** 2024, № 10, с. 28-

35. Рус.

Представлена методика исследования динамики упругих элементов конструкции космических аппаратов с системой раскрытия и зачехления на основе материала с эффектом памяти формы и схема раскрытия и фиксации панелей солнечных батарей на основе материала с эффектом памяти формы. Осуществлен анализ основных схем раскрытия солнечных батарей, проведено сравнение пружинных механизмов раскрытия с механизмами на основе материала с эффектом памяти формы с применением математического аппарата расчета собственных колебаний панелей солнечных батарей. Представлены модели силового термомеханического привода и устройства фиксации из материала с эффектом памяти формы. Ключевые слова: космический аппарат, панели солнечных батарей, материал с эффектом памяти формы, механизмы раскрытия. DOI: 10.25791/aviakosmos.10.2024.1436.

**24.05-01.37 Влияние использования сосредоточенных масс на изменение изгибных динамических характеристик стержневых упругих элементов.** Баранов В.Л., Левин А.С., Нефедов С.Д. Южно-Сибирский научный вестник. 2024, № 4, с. 23-26. Рус.

Рассматривается математическая модель, описывающая динамику изгибного деформирования стержневых упругих элементов с сосредоточенными массами. Задачей исследования является разработка модели, обладающей одновременно критериями точности и простоты анализа, с возможностью создания масштабируемой конечно-численной реализации. Построение предлагаемой модели проводится с использованием методов и результатов прошлых исследований. В результате получена комплексная модель расчёта динамики стержневого упругого элемента с сосредоточенными массами на основе закона сохранения энергии, включающая три основные части: энергию амортизируемого тела, потенциальную энергию упругого элемента, энергию массы упругого элемента, энергию сосредоточенной массы. Получены выражения, позволяющие рассчитывать скорость амортизируемого тела во времени. Разработанные выражения позволяют использовать рассчитанные ранее значения потенциальной энергии стержневого упругого элемента в зависимости от нагрузки для повторных расчётов динамических характеристик стержневого упругого элемента при амортизации тел с различными параметрами массы и скорости. В работе анализируются результаты расчётов и применимость использования зафиксированных сосредоточенных масс в качестве инструмента управления динамическими характеристиками стержневых упругих элементов. С помощью отношения времен первого останова без использования и с использованием сосредоточенных масс, зафиксированных с различным удалением от точки крепления упругого элемента, оценивается диапазон управления динамическими характеристиками стержневых упругих элементов. В заключении приводится возможность использования сосредоточенных масс для создания амортизируемых устройств адаптивного типа.

**24.05-01.38 Энергетический анализ осесимметричных колебаний цилиндрической оболочки, нагруженной периодическими сосредоточенными массами.** Филиппенко Г.В. Вычислительная механика сплошных сред. 2024. 17, № 3, с. 276-289. Рус.

Цилиндрические периодические оболочки широко применяются при сооружении различных строительных конструкций, трубопроводов, опор морских буровых установок, ветряных электростанций и другого. Актуален вопрос повышения их износостойкости и предупреждения сопряженных с риском условий эксплуатации. В работе обсуждается один из потенциально опасных режимов, возникающий при осесимметричных колебаниях круговой цилиндрической оболочки типа Кирхгофа—Лява, обладающей дополнительной инерцией в виде периодических «массовых поясков» нулевой ширины. Оболочка предполагается бесконечной, анализируются ее свободные гармонические колебания на базе точного аналитического решения вида Флоке. Исследуется зависимость полос пропускания и заграждения оболочки от массы сосредоточенных нагрузок. При определенном сочетании параметров возможно совпадение точки пересечения и квазипересечения границ этих полос. Рассматривается окрестность такой особой точки с учетом того

обстоятельства, что границы полос пропускания бесконечной периодической оболочки можно получить и изучить на примере свободных колебаний ее выделенного симметричного сегмента периодичности. Это позволяет не только существенно уменьшить объем вычислений, упростить нахождение координат особой точки, но и облегчает оценку вибрационного поля, интегрального потока энергии и его компонент. При этом принятие во внимание потока энергии и его компонент не только существенно дополняет картину вибрационных полей, но и дает возможность трактовать физические эффекты в случае периодической оболочки, более адекватно оценивать характер ее колебаний. Показано, что в окрестности особой точки происходит резкая смена параметров колебаний, что может приводить к опасным режимам работы реальных конструкций.

**24.05-01.39 Асимптотическая модель длинноволновых колебаний ультратонкой полосы-балки с учетом поверхностных эффектов.** Михасев Г.И., Ле Н.Д. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2024. 11, № 3, с. 557-569. Рус.

Работа посвящена выводу асимптотически корректных уравнений, описывающих длинноволновые колебания ультратонкой упругой полосы-балки с учетом поверхностных эффектов в рамках поверхностной теории упругости Гуртина—Мурдоха. В качестве исходных используются двумерные уравнения движения упругой изотропной среды. В общем случае полоса-балка находится под действием переменных нестационарных поверхностных сил. На лицевых поверхностях предполагается наличие остаточных касательных напряжений. В качестве малого параметра рассматривается отношение толщины полосы к характерной длине изгибной деформации. В рамках теории Гуртина—Мурдоха рассматриваются два случая, предусматривающие наличие больших: а) остаточных напряжений на лицевых поверхностях; б) эффектов поверхностной инерции. Методом асимптотического интегрирования по толщине полосы-балки получены соотношения для перемещений и напряжений в ультратонкой полосе-балке, а также выведены эквивалентные одномерные уравнения типа Тимошенко, учитывающие поверхностные эффекты. В качестве примера рассмотрены свободные колебания шарнирно-опертой балки с учетом поверхностных эффектов.

**24.05-01.40 Динамика двойного маятника с вязким трением в шарнирах. II. Диссипативные формы колебаний и оптимизация параметров демпфирования.** Смирнов А.С., Кравчинский И.А. Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. 2024. 11, № 3, с. 584-599. Рус.

Настоящая работа является продолжением статьи "Динамика двойного маятника с вязким трением в шарнирах. I. Математическая модель движения и построение диаграммы режимов в которой была приведена линейная математическая модель движения двойного математического маятника с идентичными параметрами звеньев и концевых грузов при наличии вязкого трения в обоих шарнирных сочленениях, а также построена диаграмма диссипативных режимов его движения. Рассматривается вопрос о частном варианте пропорционального демпфирования, при котором формы колебаний диссипативной системы не искажаются силами трения, и приводятся основные формулы, описывающие динамику системы в этой ситуации. Для общего случая демпфирования путем рационального сочетания аналитических и численных методов исследования выявляются и определяются все ключевые величины, характеризующие движение системы по каждой из диссипативных форм колебаний. Помимо этого, рассматривается несколько задач об оптимальном демпфировании колебаний системы, причем наилучшие диссипативные параметры подбираются на основе критерия максимума степени устойчивости. Полученные результаты сопровождаются серией графических иллюстраций, позволяющих установить их зависимость от коэффициентов демпфирования и отметить их основные качественные и количественные особенности. Найденные решения могут оказаться полезными на практике при конструировании двухзвенных манипуляторов и исследовании их динамического поведения.

**24.05-01.41 Упругие связи в формировании структуры и динамики механических систем в условиях вибра-**

ционных нагружений силовой природы. *Елисеев А.В., Кузнецов Н.К., Миронов А.С. Тр. МФТИ. 2024. 16, № 4, с. 1. Рус.*

Развивается методология учета дополнительных кинематических связей в задачах оценки, коррекции и формирования динамических состояний исполнительных органов технологических и транспортных машин, работающих в условиях интенсивных нагружений. Цель исследования заключается в разработке семейства математических моделей в виде механических колебательных систем, в которых варьирование жесткости упругих элементов позволяло бы формировать множество динамических состояний. В качестве расчетных схем вибрационных взаимодействий элементов технических объектов используются механические колебательные системы, образованные твердыми телами, взаимодействующими с учетом упругих связей. Ставится задача разработки математических моделей механических колебательных систем, допускающих преобразования в виде сочленений, представляющих собой предельный переход значений жесткостей упругих элементов к бесконечности, с целью определения оптимальных структурных и динамических особенностей технических объектов. Используются методы теоретической механики, дифференциальных уравнений, теории колебания, интегральных уравнений и методология структурного математического моделирования, основанная на сопоставлении механическим колебательным системам эквивалентных в динамическом отношении структурных схем системы автоматического управления. Разработан подход к учету последовательных сочленений в относительных поступательных и вращательных формах движений. Доказана теорема о независимости результата сочленений от очередности последовательного применения частичных сочленений в формах поступательных и вращательных относительных движений. Показано, что сочленения, рассматриваемые как процесс увеличения жесткости взаимодействия двух твердых тел, проявляются неограниченным ростом одиночных собственных частот и частот динамического гашения колебаний соответствующих координат системы. Разрабатываемая методология построения математических моделей, в частности, ориентирована на конструктивно-технические решения в области виброиспытательного оборудования для оценки и формирования динамических состояний лонжеронов лопастей вертолетов.

**24.05-01.42** Особенность момента трения контактного датчика угла гироскопа в условиях вибрации. *Зуй Нгуен Динь. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024, № 8, с. 1-6. Рус.*

Представлен результат исследования влияния асимметрии момента трения токоподводов и токосъемщиков на дрейф трехстепенного гироскопа в условиях вибрации. Установлена связь между дрейфом гироскопа и коэффициентом трения скольжения, контактным давлением на опорную поверхность, жесткостью токоподводов и токосъемщиков. На основе анализа зависимости дрейфа от вышеназванных факторов, предложены рекомендации для уменьшения влияния момента сухого трения. Ключевые слова: трехстепенный гироскоп, момент трения, вибрация, бесконтактный датчик угла. DOI: 10.25791/pribor.8.2024.1514.

**24.05-01.43** Определение параметров дебаланса резонатора волнового твердотельного гироскопа путем приложения внешней вибрации. *Лукин Б.С., Басараб М.А. Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024, № 10, с. 37-44. Рус.*

Рассмотрена возможность определения параметров массового дисбаланса резонатора волнового твердотельного гироскопа (ВТГ) путем приложения к нему внешней механической вибрации и определения параметров возникающей волновой картины. Приведены экспериментальные данные по определению параметров массового дисбаланса металлического резонатора ВТГ, демонстрирующие преимущества этого метода, к которым следует отнести высокую чувствительность и возможность направленного приложения вибрации (угловой или линейной) по одной из осей, что значительно упрощает процедуру обработки данных. Обсуждены проблемы технической реализации данного метода. Ключевые слова: резонатор, вибрация, массовый дисбаланс. DOI: 10.25791/pribor.10.2024.1530.

**24.05-01.44** Механический фрикционный демпфер вибраций авиационных конструкций на основе вращательных пар трения. *Колесников В.И., Сыпало К.И., Медведский А.Л., Зиченков М.Ч., Корякин А.Н., Политько К.Н. Вестник Московского авиац. ин-та. 2024. 31, № 2, с. 72-82. Рус.*

Рассматривается низкоамплитудный фрикционный демпфер вибраций авиационных конструкций на основе вращательной пары трения типа «вал—втулка». Выполнен анализ эффективности диссипации энергии вибраций с различными амплитудами и интенсивностью в зависимости от параметров демпфера, определяемых для фиксированного диаметра компонентов вращательной пары трения, значением угла поворота вала и фрикционными свойствами покрытия трущихся поверхностей. Исследованы покрытия нитридные CrAlSiN, TiAlN и высокоэнтропийные TiCrZrHfNb, получаемые по технологии вакуумного ионно-плазменного напыления, и высокоэнтропийные покрытия CuCrMnFeCoNi, полученные магнетронным методом распыления. Приводятся физико-механические и трибологические характеристики покрытий, а также математическая модель результатов экспериментального исследования демонстратора демпфера.

**24.05-01.45** Стабилизация автоколебаний жидкости в баке окислителя путем изменения гидродинамических параметров колебаний жидкости в баке горючего. *Афонина Е.В. Вестник Московского авиац. ин-та. 2024. 31, № 2, с. 178-187. Рус.*

Представление о движении ракеты с жидкостным ракетным двигателем на активном участке полета как о движении твердого тела, является сильно упрощенным, поскольку наличие больших масс жидкого топлива со свободными поверхностями в топливных баках разгонного блока служит причиной возникновения дополнительных сил, оказывающих влияние на динамические свойства ракеты. Это влияние основывается на двух основных факторах: угловое движение ракеты влияет на возмущение жидкости в баках, а движение жидкости в баках вызывает дополнительные инерционные силы и моменты, действующие на ракету. Поэтому необходимо учитывать влияние жидких компонентов топлива в баках разгонного блока на движение ракеты для повышения устойчивости и управляемости ее движения. Применение коэффициентного критерия фазовой стабилизации показало, что фазовая стабилизация разгонного блока при помощи автомата стабилизации не может быть обеспечена на всем активном участке полета при выведении полезного груза небольшой массы. Особенно это касается колебаний жидкого наполнения бака окислителя. Математическое моделирование возмущенного движения разгонного блока на активном участке полета также демонстрирует, что при выведении разгонным блоком полезного груза малой массы в начале активного участка в баке окислителя возникают автоколебания жидкости с амплитудами, близкими к амплитуде разрушающей волны. Предложен способ уменьшения амплитуды колебаний жидкости в баке окислителя при помощи изменения геометрического момента инерции свободной поверхности жидкости бака горючего таким образом, чтобы положение центра масс разгонного блока оказалось выше свободной поверхности жидкости в баке окислителя на максимально возможном участке полета. Такой метод позволяет расширить область применения фазовой стабилизации колебаний жидкости в баках разгонного блока. Применение результатов проведенного исследования позволит повысить точность выведения разгонного блока путем уменьшения влияния его поперечных колебаний, частота которых близка к частоте собственных колебаний жидкости в баках разгонного блока. Предложенный метод позволяет стабилизировать колебания жидкости в баках разгонного блока, не прибегая к изменению начального объема топлива в них.

**24.05-01.46** Идентификация параметров стержня с продольным прямоугольным пазом по двум спектрам собственных частот изгибных колебаний. *Утяшев И.М., Фатхелисламов А.Ф. Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2024. 28, № 2, с. 378-389. Рус.*

Рассмотрена коэффициентная обратная задача определения геометрических параметров продольного прямоугольного паза

по собственным частотам изгибных колебаний прямоугольного стержня. Предполагается, что паз проходит не по всей длине, а от определенной точки до правого конца. Для решения задачи стержень с продольным пазом моделируется в виде двух стержней, причем первый не имеет паза, а второй имеет. В месте соединения используются условия сопряжения, в которых приравниваются величины прогибов, углов поворота, изгибающие моменты и перерезывающие силы. Исследованы закономерности поведения собственных частот изгибных колебаний при изменении длины паза. Предложен метод решения, позволяющий определять искомые параметры по конечному числу собственных значений изгибных колебаний. Показано, что решение однозначно в случае использования частотных спектров относительно взаимно перпендикулярных осей.

**24.05-01.47 Экспериментальное определение коэффициента демпфирования опоры с упругим кольцом при гармоническом воздействии.** *Дилигенский Д.С., Лежгин Д.С., Новиков Д.К., Ло Ч.* Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2024. 28, № 3, с. 69-81. Рус.

Исследуется возможность определения коэффициента демпфирования опоры с упругим кольцом на основе сил сухого трения с использованием специального испытательного стенда. Вынужденная возбуждающая сила задаётся колебаниями компактного динамика, устанавливаемого сверху на колеблющуюся массу через П-образную перекладчину. Объектом исследования является демпфер с упругим кольцом, представляющим собой тонкостенное кольцо с равномерно распределёнными выступами внутри и снаружи, расположенными в шахматном порядке. Коэффициент демпфирования оценивается с помощью приспособления для имитации опоры ротора, датчика ускорения, динамика-возбудителя, контроллера и обрабатывающей станции. Оценка величины демпфирования производится по ширине пика на резонансной частоте. Приведено сравнение величины коэффициента демпфирования, полученного по анализу резонансного пика и по скорости затухания при ударном экс-

перименте.

См. также **24.05-01.26, 24.05-01.27, 24.05-01.32**

### Волны в многофазных, пористых, резиноподобных средах, полимерах

См. **24.05-01.24, 24.05-01.25**

### Статистическая акустика

**24.05-01.48 Разработка системы автономной навигации беспилотных транспортных средств с помощью ультразвуковых локационных методов.** *Руденко О.В., Шуруп А.С.* Вестник РФФИ. 2024, № 1(121), с. 93-100. Рус.

Приведены результаты работ по акустическим локационным методам применительно к небольшим летательным аппаратам. Разработана экспериментальная модель с оригинальной системой обнаружения и идентификации препятствий, учитывающей особенности дифракции и отражения акустических волн. Развита методика активной локации, использующие тройную корреляцию и свойства корреляционной функции ЛЧМ-сигналов, отраженных от вращающегося винта. Создан прототип мобильного содара, реализующий новые способы активной локации. Разработаны методы расчета дифрагированного акустического поля, основанные на обобщении интеграла Зоммерфельда и метода перевала, а также использующие асимптотические формулы для двумерного интеграла Фурье. Изучено акустическое переходное излучение. Установлены новые спектральные признаки сигналов, отраженных от движущегося летательного аппарата, с учетом взаимодействия собственного излучения и зондирующего сигнала на нелинейности подвижной границы. Ключевые слова: акустическая локация, канонические задачи дифракции, акустическое переходное излучение, эффект Доплера.

### Нелинейная акустика

#### Теория нелинейных акустических волн

**24.05-01.49 Техническое решение по снижению эффекта кавитации в лопатке турбины Каплана.** *Халид М.Р., Реза Каши Заде К., Горбани С.* Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2024. 25, № 2, с. 111-120. Рус.

Применение турбин Каплана широко распространено на гидроэлектростанциях малой и большой мощности. Понимание механизмов отказа указанных турбин является ключевым фактором для разработки решений по их предотвращению или своевременному устранению, а также для обеспечения их работоспособности. Надежная работа турбин Каплана зависит от многих факторов, таких как кавитация, эрозия, усталость и дефекты материалов. Кавитация в турбинах Каплана приводит к нестабильности потока, вибрациям, повреждению поверхности и снижению производительности машины. В связи с этим исследованы факторы, приводящие к кавитации в турбине Каплана, и представлены практические решения данной проблемы. Покрываются, нанесенные термонапылением, часто применяются из-за их высокой износостойкости, экономической эффективности, снижения веса и меньшего негативного воздействия

на основной металл. Кроме того, высокоскоростное распыление кислородного топлива (HVOF) используется для создания покрытий с высокой плотностью и прочностью сцепления. При высоких температурах металлокерамические покрытия, в том числе наночастицы, обладают исключительной износостойкостью. Наноструктурированные и многогранные покрытия на основе WC используются из-за их высокой износостойкости. Кроме того, карбид хрома в покрытиях на основе WC повышает их стойкость к окислению и износу.

#### Параметрические антенны, рассеяние звука на звуке

**24.05-01.50 Оценка вероятности безотказной работы многоканальной антенны по совокупности параметров.** *Островский Д.В.* Гидроакустика. 2024, № 59, с. 67-79. Рус.

Обоснованы аналитические выражения для оценки минимальной и максимальной вероятности безотказной работы многоканальной антенны, критерии отказа которой включают несколько характеристик. Как следствие, могут быть найдены минимальная и максимальная области допустимого разброса параметров каналов, что необходимо на стадии разработки антенны. Ключевые слова: многоканальная антенна, отказ.

### Физическая акустика

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

См. **24.05-01.16**

#### Акустическая кавитация, сонолюминесценция

См. 24.05-01.49

## Акустоэлектроника

**24.05-01.51** О методе аналитического решения задач механики деформируемого твердого тела при проектировании электроакустических преобразователей на основе пленочных полимерных пьезоматериалов. *Дементьев И.И.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 87–92. Рус.

Предложен метод аналитического решения задач механики деформируемого твердого тела применительно к процессам проектирования гидроакустических средств с электроакустическими преобразователями на основе пленочных полимерных пьезоэлектрических материалов. Предложенный метод базируется на основе использования равенств дифференциальных операторов при перестановке индексов для непрерывных функций. При известных условиях закрепления объекта моделирования метод позволяет найти частное аналитическое решение статически определимой системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающей напряженно-деформированное состояние пленочных чувствительных элементов преобразователей.

**24.05-01.52** Исследование влияния кремнийорганической жидкости на электроакустические параметры пьезопреобразователя гидроакустической антенны. *Келлер И.В., Напалков С.Б.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 96–100. Рус.

Рассмотрена модель пьезопреобразователя в программном пакете численного моделирования Ansys. Рассчитаны основные электроакустические параметры преобразователя, а также проведено сравнение параметров для различных конфигураций заполненного кремнийорганической жидкостью преобразователя.

**24.05-01.53** Вариант методики математического моделирования напряженно-деформированного состояния электроакустических преобразователей гидроакустических антенн на основе пленок из поливинилиденфторида. *Костина А.О., Дементьев И.И.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 105–108. Рус.

Представлен вариант методики математического моделирования напряженно-деформированного состояния электроакустических преобразователей приемных гидроакустических антенн, изменяющегося вследствие механических воздействий акустических волн. В работе сделан акцент на разработку математического аппарата, позволяющего моделировать приемные элементы апертур антенн, изготовленные на основе анизотропных пленок из поливинилиденфторида, например, марки Ф-2МЭ.

**24.05-01.54** Моделирование пьезогенераторов дискового типа. сравнительные характеристики пьезоэлектрических и пленочных полимерных материалов. *Коновалов Р.С., Цаплев В.М., Соловьева А.Д., Дементьев И.И., Костина А.О.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 147–150. Рус.

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований дисковых пьезоэлектрических генераторов, изготовленных на основе активных пьезоматериалов из PZT и PVDF. Исследованы режим холостого хода, а также режим нагрузки. По нагрузочной характеристике получено значение внутреннего сопротивления. Оценена удельная мощность преобразователей.

**24.05-01.55** Модифицированный клей на основе ДМ-5-65 с улучшенными технологическими характеристиками для склеивания электроакустических преобразователей на основе пьезоэлектрических элементов. *Прозорова В.А., Шабанов В.А.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 174–176. Рус.

Рассмотрен вариант модификации клея ДМ-5-65 с целью улучшения воспроизводимости его технологических характеристик и обеспечения качества клеевых слоев между элементами конструкций преобразователей. Представлены результаты сравнительных исследований модифицированного клеевого состава и клея ДМ-5-65.

**24.05-01.56** Расчёт акустооптического качества и максимального значения упругооптической постоянной жидкостей. *Никитин П.А.* Ученые записки физического факультета МГУ. 2024, № 5, <http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2024/5>. Рус.

Теоретически исследованы упругооптические свойства жидкостей на основе первопринципов акустооптики. Получено соотношение для расчета упругооптической постоянной жидкостей с использованием только показателя преломления. Определены значения показателя преломления, соответствующие максимальной упругооптической постоянной для полярных и неполярных жидкостей. Проведены расчеты примерно для 100 жидкостей и сопоставлены с известными экспериментальными данными. Данное исследование существенно расширяет понимание акустооптического эффекта и имеет практическое применение для прогнозирования упругооптической постоянной жидкости и оценки её дисперсии.

**24.05-01.57** Синхронное детектирование нелинейных явлений в оптоакустических осцилляциях нанопленки, иницированных фемтосекундным лазерным импульсом. *Хохлов В.А., Ромашевский С.А., Ашитков С.И., Иногамов Н.А.* Письма в ЖЭТФ. 2024, 120, № 7, с. 550–559. Рус.

Для развития микроэлектроники существенное значение имеют исследования физики индуцированных лазером сверхбыстрых процессов в тонких пленках. К таким процессам относятся: нагрев электронной подсистемы, релаксация и транспорт поглощенной энергии, а также генерация и распространение пикосекундных акустических волн. В этой связи в работе изучена динамика изменения дифференциального коэффициента отражения  $\Delta R(t)/R_0$  пленки никеля (Ni) толщиной 73 нм на подложке из стекла. Измерения выполнены в схеме “возбуждение—зондирование” (pump-probe) с синхронным детектированием сигнала  $\Delta R(t)/R_0$ . За счет увеличения периода следования  $t_{cool}$  последовательности нагревающих (возбуждающих) импульсов достигнуты высокие значения поглощенного флюенса до 11 мДж/см<sup>2</sup>. Увеличение  $t_{cool}$  позволяет лучше охлаждать пленку после нагревающего воздействия. В результате получены рекордные значения температур ( $T_e \approx 3$ ,  $T_i \approx 1$  кК) и напряжений (до 7 ГПа). В литературе отсутствуют данные при таких высоких температурах и давлениях. Именно при этих повышенных значениях удастся заметить влияние нелинейных эффектов — впервые в опытах с синхронным детектированием.

**24.05-01.58** Искажения передаточных функций акустооптического пространственного фильтра, вызванные понижением частоты звука. *Котов В.М.* Квантовая электроника. 2024, 54, № 1, с. 51–57. Рус.

Исследованы особенности формирования передаточных функций акустооптического пространственного фильтра, изготовленного из одноосного гиротропного кристалла, работающего в тангенциальной геометрии дифракции. Показано, что уменьшение частоты звука сопровождается искажениями передаточных функций со стороны, обращенной к оптической оси кристалла. Искажения вызваны влиянием второго дифракционного порядка на распределения осесимметричных передаточных функций. Определена граничная частота звука, ниже которой передаточные функции становятся практически непригодными для двумерной обработки оптических изобра-

жений. Теоретически и экспериментально показано, что граничная частота звука для обработки двумерного изображения с длиной волны 0.63 мкм с использованием фильтра пространственных частот из  $\text{TeO}_2$  составляет  $\sim 40$  МГц.

**24.05-01.59 Акустооптическая ячейка для управления поворотом плоскости поляризации линейно поляризованного оптического излучения.** *Котов В.М. Квантовая электроника.* 2024. 54, № 3, с. 146-150. Рус.

Разработана акустооптическая ячейка, позволяющая поворачивать плоскость поляризации линейно поляризованного света на угол, зависящий от частоты акустической волны. Эффект основан на сложении двух взаимно ортогональных оптических волн, поляризации которых близки к циркулярным; при этом фаза одной из волн меняется под действием звуковой волны. Ячейка, изготовленная из кристалла парателлурита, позволила изменять угол плоскости поляризации линейно поляризованного света с длиной волны 0.63 мкм от 0 до  $\sim 30^\circ$  при изменении частоты звука от 38 до 43 МГц.

### Акустические явления в метаматериалах

См. 24.05-01.57

### Магнитоакустический эффект, осцилляции и резонанс

**24.05-01.60 О гигантском усилении эффектов фононного незеркального отражения на уединенной границе раздела магнитной и немагнитной сред.** *Гуляев Ю.В., Сухорукова О.С., Тарасенко А.С., Тарасенко С.В., Шавров В.Г. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2024. 514, № 1, с. 83-90. Рус.

На уединенной границе раздела полуограниченных магнитной и немагнитной сред совместный учет магнитоупругого и неоднородного обменного взаимодействий может привести к появлению в сплошном спектре фононного излучения вытекающих поверхностных магнитных поляронов симметрично защищенного связанного состояния, в окрестности которого и числитель, и знаменатель входного поверхностного волнового импеданса одновременно стремятся к нулю. В этом случае при падении извне на поверхность такого магнетика квазиплоской или квазимонохроматической объемной упругой волны, параметры которой приближаются к параметрам поверхностного "темного" состояния указанного типа, возможно неограниченное (в рамках рассматриваемой модели) увеличение незеркальных эффектов отражения первого порядка.

**24.05-01.61 Распространение звука в магнитной жидкости, содержащей эллипсоидальные агрегаты.** *Курилов А.Д. Прикладная физика и математика.* 2024, № 5, с. 48-58. Рус.

Предложена модель распространения звука в намагниченной магнитной жидкости, содержащей эллипсоидальные агрегаты. Модель количественно описывает геометрию агрегатов, сформированных из наночастиц. Получены выражения для коэффициента затухания и скорости звука, учитывающие диполь-дипольное взаимодействие между агрегатами. В предельных случаях производные выражения сводятся к классическим, а параметры подгонки являются геометрическими характеристиками агрегатов. Разработанная модель позволяет определять размеры агрегатов и расстояния между ними в эксперименте. Полученные результаты также могут быть использованы для анализа полевых зависимостей акустических свойств и моделирования кинетики роста агрегатов в магнитном поле. Ключевые слова: магнитные жидкости, коэффициент затухания, скорость звука, вязкоинерционный механизм, агрегаты. DOI: 10.25791/pfi.m.05.2024.1311.

**24.05-01.62 Свойства магнитоакустических волн в плазме с нагревом, зависящим от магнитного поля.** *Молевич Н.Е., Пичугин С.Ю., Ряциков Д.С., Агапова Д.В., Завершинский Д.И., Скопцова Е.В., Ряциков Д.С. Кратк. сообщ. по физ. ФИАН.* 2024. 51, № 10, с. 51-61. Рус.

Исследовано влияние зависимости мощности нагрева от маг-

нитного поля на дисперсионные свойства плоских магнитоакустических (МА) волн в солнечной атмосфере. Получено дисперсионное соотношение для МА волн в однородной тепловыделяющей полностью ионизованной плазме в случае, когда удельная мощность нагрева зависит от величины магнитного поля, плотности и температуры. Найдены выражения для скоростей и декрементов (инкрементов) медленных и быстрых МА волн в низкочастотном и высокочастотном приближениях. Для условий корональной солнечной плазмы построены области устойчивости плоских МА волн и энтропийный мод в зависимости от свойств источника нагрева, угла распространения по отношению к магнитному полю и плазменного параметра бета. Показана анизотропность распространения и поглощения (усиления) как медленных, так и быстрых МА волн, что может приводить к наблюдению таких волн в ограниченном угловом секторе по отношению к магнитному полю, что типично для наблюдаемых глобальных волн в солнечной атмосфере.

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

**24.05-01.63 Акустически индуцированная прозрачность для гамма-фотонов и некоторые ее применения.** *Хайруллин И.Р., Радионьчев Е.В. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2024. 515, № 1, с. 27-34. Рус.

Рассматривается эффект возникновения прозрачности резонансно поглощающей среды для электромагнитного излучения посредством возбуждения в среде поршнеобразных акустических колебаний вдоль направления распространения излучения — акустически индуцированной прозрачности. Обсуждаются физический механизм и основные условия реализации эффекта, а также его применения для уменьшения скорости распространения фотонов гамма-диапазона и восстановления по требованию произвольной части однофотонного волнового пакета, резонансно поглощаемого средой.

См. также 24.05-01.58, 24.05-01.59

### Термоакустика, высокотемпературная акустика, фотоакустический эффект

**24.05-01.64 Исследование влияния аэротермоакустической обработки на механические свойства титанового сплава ВТ16.** *Калугина М.С., Баскакова А.Е., Ремшев Е.Ю., Соколов И.И. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 140-142. Рус.

Предлагается использование технологии аэротермоакустической обработки как метода обеспечения стабильности физико-механических свойств изделий из титанового сплава ВТ16. Приведены анализ влияния аэротермоакустической обработки на микроструктуру сплава и экспериментальные данные, показывающие, что использование предложенной технологии обработки обеспечивает повышение прочностных свойств титановых сплавов.

**24.05-01.65 Оценка применимости гипертеплопроводящих пластин в конструкции приборов аппаратной части гидроакустического комплекса.** *Колодийчук П.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 143-146. Рус.

Рассмотрен метод охлаждения аппаратной части гидроакустического комплекса с использованием гипертеплопроводящих пластин. Приведены результаты расчета, указывающие на высокую эффективность предложенного метода в сравнении с консервативными способами отвода тепла.

**24.05-01.66 К вопросу о вариационной формули-**

ровке задач обобщенной GN-термоупругости. Земсков А.В., Тарлаковский Д.В. *Мат. моделир.* 2024. 36, № 5, с. 19-31. Рус.

Исследуются вопросы, связанные с формулировкой вариационных принципов обобщенной термоупругости на основе теории Грина—Нагди. Рассмотрены варианты теории Грина—Нагди: классическая связанная термоупругость и гиперболическая термоупругость. Для построения функционалов линейной теории термоупругости используется вариационный принцип, являющийся обобщением принципа Гамильтона в линейной теории упругости. Сформулированы условия стационарности построенных функционалов, приводящие к дифференциальным постановкам задач термоупругости.

**24.05-01.67 Combined Use of Passive Acoustic and Infrared Thermometry for Monitoring Uhf Heating.** Совместное использование пассивной акустической и инфракрасной термометрии для контроля УВЧ-нагрева. Аносов А.А., Ерофеев А.В., Пешкова К.Ю., Щербakov М.И., Беляев Р.В., Мансфельд А.Д. *Акустический журнал.* 2020. 66, № 6, с. 690-696. Рус.

Контроль глубинной температуры участков тела человека необходим при гипертермии и термоабляции в онкологии. В качестве модели этой процедуры был выбран УВЧ-нагрев кисти испытуемых. Для контроля таким же способом был нагрет цилиндр из пластизоля — вещества, акустические и теплофизи-

ческие свойства которого близки к свойствам мягких тканей тела человека. Для измерения глубинной температуры кисти использовалась пассивная акустическая термометрия, для измерения поверхностной температуры использовалась инфракрасная термометрия. После пятиминутного УВЧ-нагрева глубинная температура кисти увеличилась в среднем на  $0.7 \pm 0.6^\circ\text{C}$ , а поверхностная — на  $0.8 \pm 0.6^\circ\text{C}$ . Эти же методы, а также независимые измерения использовались для определения температуры пластизоля. После такой же процедуры глубинная температура пластизоля увеличилась на  $4.3 \pm 0.4^\circ\text{C}$ , поверхностная — на  $3.2 \pm 0.2^\circ\text{C}$ , а измеренная термометром в центре объекта на  $3.3 \pm 0.5^\circ\text{C}$ . Меньший нагрев кисти по сравнению с модельным объектом связан с влиянием кровотока, который следует адекватно учесть в дальнейших исследованиях. Указанные в работе неинвазивные методы можно использовать для контроля температуры в онкологии при гипертермии и термоабляции, осуществляемых под действием высокочастотного электромагнитного поля. Ключевые слова: пассивная акустическая термометрия, тепловое акустическое излучение, акустостеркостная температура, ИК-термометрия. DOI: 10.31857/S0320791920060015.

### Ультразвук в неразрушающем контроле, промышленных технологиях и изделиях

См. 24.05-01.22

## Акустика океана, гидроакустика

См. 24.05-01.1К, 24.05-01.2К, 24.05-01.3К, 24.05-01.4К

### Акустика мелкого моря

**24.05-01.68 Особенности движения синоптических вихрей над морем.** Крайнова М.С., Булгаков К.Ю., Багно С.С. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 318-321. Рус.

Рассматривается влияние бароклинности на динамические характеристики с использованием упрощенной численной модели для качественного воспроизведения движения синоптических вихрей над морем, основанной на уравнении эволюции относительного вихря скорости, уравнении Пуассона. Показано, что в данной системе существует обратная связь между синоптическим вихрем и верхним слоем океана, и она положительна.

**24.05-01.69 Оценка протяженности областей водоподобного дна на акустических трассах в мелком море.** Сидоров Д.Д., Боджона С.Д., Петников В.Г., Луньков А.А. *Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки.* 2024. 515, № 1, с. 85-90. Рус.

Аналитически и в рамках численного моделирования рассмотрена возможность дистанционной оценки размеров областей водоподобных осадков в мелководных шельфовых зонах по потерям при дальнем распространении низкочастотного звука. Под водоподобными понимаются осадки, скорость звука в которых близка к скорости звука в воде, но имеющие значительно большую плотность. Проведен модельный статистический анализ средних по глубине потерь при распространении звука на акустических трассах фиксированной длины в одном из районов Карского моря с известной структурой верхнего слоя дна, которое включает в себя водоподобные области. Продемонстрирована линейная зависимость потерь при распространении звука от протяженности областей водоподобных осадков на низких частотах. На основе этого результата предложена методика дистанционной интегральной оценки горизонтального размера области водоподобных осадков по данным акустического зондирования.

**24.05-01.70 Анализ воздействия цунами на бухту Нагаева Магаданской области вызванных сильными**

землетрясениями в районе Курильских островов. Костенко И.С., Зайцев А.И. *Экологические системы и приборы.* 2024, № 8, с. 3-10. Рус.

Представлены результаты численных расчетов распространения в акватории Охотского моря и проявления на его северном побережье в бухте Нагаева цунами от гипотетических очагов, расположенных вдоль тихоокеанского побережья Курильских островов. Выявлено, что в районе Тауйской губы, в которой расположена бухта Нагаева, происходит увеличение значений положительных амплитуд волн цунами от всех очагов по сравнению с окружающей акваторией. В бухте наибольшие значения высот волн отмечаются при расположении очагов цунами в районе центральных и южных Курильских островов. Анализ показал, что для северной части бухты Нагаева максимальные высоты заплесков волн цунами могут достигать 2,0 м, а скорости потоков — 1,6 м/с. Ключевые слова: цунами, численное моделирование, бухта Нагаева, Охотское море, Курильские острова. DOI: 10.25791/esip.8.2024.1461.

**24.05-01.71 Исследование по результатам измерений скорости звука у юго-восточного побережья о. Сахалин.** Тихончук Е.А. *Экологические системы и приборы.* 2024, № 8, с. 30-35. Рус.

В работе приведен анализ экспедиционных данных измерений, проведенных СКБ САМИ ДВО РАН у юго-восточного побережья о. Сахалин (Тонино-Анивский полуостров). Представлены вертикальные профили изменения скорости звука. Выявлены особенности формирования термохалинной структуры вод в рассматриваемом районе. Строение поля скорости звука на юго-восточном сахалинском шельфе имеет неоднородный характер. В большинстве случаев при проведении измерений в Охотском море выявлена зависимость профиля скорости звука от температурной кривой. Холодный промежуточный слой создает условия для формирования подводного звукового канала. В наиболее удаленных от побережья точках измерения профиль скорости звука определяется не только температурным профилем, но и вертикальным распределением солёности, которое формируется под влиянием поступающих в южноооотоморский район потока вод течения Соя. Ключевые слова: скорость звука, Охотское море, холодный промежуточный слой. DOI: 10.25791/esip.8.2024.1464.

**24.05-01.72 Особенности проявления зыби и инфрагравитационных волн в прибрежной зоне Сахалина и**

**Курильских островов. Ковалев Д.П., Ковалев П.Д., Борисов А.С. Экологические системы и приборы. 2024, № 10, с. 3-14. Рус.**

По данным натурных наблюдений, выполненных с использованием автономных регистраторов волнения, осуществляющих запись с секундной дискретностью и установленных в десяти пунктах прибрежных зон Сахалина и Курильских островов, проведено изучение волнового поля для диапазона периодов волн зыби и инфрагравитационных (ИГ). Показано, что спектральные кривые колебаний уровня моря в диапазоне ветровых и ИГ волн имеют разный характер для разных пунктов наблюдения. Выделяются два типа спектров. В первом присутствуют несколько значимых пиков в диапазонах зыби и ИГ волн. Второй тип спектров имеет только один сглаженный подъем энергии в широком диапазоне волн зыби с максимумом на периодах от 7 до 11.8 с без значительно выраженных пиков в том числе и в диапазоне ИГ волн. Анализ спектров первой группы показал, что спектры волнения, имеющие несколько пиков в диапазоне ветровых волн и зыби, являющихся гармониками основных периодов, образуются в результате эффектов локальной нелинейности при трансформации волн на мелководье. Показано, что генерацию ИГ волн в основном определяют волны зыби. Высокая общая энергия волнения в ветровом и частично диапазоне волн зыби, способствует уменьшению модовой структуры и стохастизации спектра ИГ волн. Проведен анализ структуры волнения с использованием полученного Урселлом дисперсионного соотношения. Поскольку часть энергии ИГ волн может отражаться в море, выполнен расчет прибрежного поперечного профиля отраженных нормально падающих на берег ИГ волн для простого наклонного профиля дна, аппроксимируемого моделью с линейным уклоном. Показано, что поперечный к берегу профиль отраженных волн существенно зависит от их периода. Ключевые слова: ветровые волны и зыби, краевые и инфрагравитационные волны. DOI: 10.25791/esip.10.2024.1475.

**24.05-01.73 Регистрация первичного гидроакустического поля подводного морского объекта в мелководной акватории. Колмогоров В.С., Прийма А.В. Морской сборник. 2024, № 4, с. 61-64. Рус.**

Приведены параметры первичного гидроакустического поля подводного морского объекта в мелководной акватории, которые необходимо регистрировать с использованием помехоустойчивых методов обработки в средствах регистрации.

## Взаимодействие звука с внутренними волнами и течениями

См. 24.05-01.15

### Статистическая гидроакустика

**24.05-01.74 Метод субоптимального обнаружения широкополосного сигнала с использованием сигматочечного фильтра Калмана. Бутырский Е.Ю., Васильев В.В., Касьянов А.В. Гидроакустика. 2024, № 59, с. 57-66. Рус.**

Рассмотрен метод субоптимальной фильтрации — обнаружения шумоподобного сигнала на фоне марковской помехи и белого гауссова шума, с дискретными измерениями, который минимизирует среднеквадратичную ошибку оценивания. На основе использования марковского характера помехи был синтезирован субоптимальный приемник детерминированного сигнала, использующий алгоритм сигма-точечного фильтра Калмана. Проведена оценка помехоустойчивости предложенного метода. Ключевые слова: алгоритм, нелинейная фильтрация, субоптимальный обнаружитель, стохастический сигнал, реверберация, помехоустойчивость, сигма-точечный фильтр Калмана, отношение правдоподобия.

**24.05-01.75 Облик перспективной системы гидроакустических расчетов. Ермолаев В.И., Леонтьев Ю.Б., Потапычев С.Н. Гидроакустика. 2024, № 59, с. 80-92. Рус.**

Приводится анализ современных систем гидроакустических расчетов (СГР), предназначенных для решения ряда приклад-

ных задач, связанных с проектированием и применением гидроакустических средств и систем мониторинга подводной обстановки. Рассматриваются структуры СГР в динамике их развития за последние 50 лет с учетом использования различных моделей среды. Особое внимание уделяется перспективе систем, использующих возможности интеллектуальных геоинформационных систем (ИГИС). Предложен облик универсального, многофункционального программного комплекса СГР, соответствующего требованиям к гидроакустическим средствам и системам мониторинга подводной обстановки нового поколения. Ключевые слова: система гидроакустических расчетов, гидроакустические расчеты, гидроакустическое поле, геоинформационная система.

## Рассеяние на шероховатой поверхности

**24.05-01.76 Интерпретация результатов расчетов с спектральной моделью с помощью фазо-разрешающей модели. Фокина К.В., Чаликов Д.В., Булгаков К.Ю. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 329-331. Рус.**

Обсуждается интерпретация результатов спектрального прогнозирования ветрового волнения с помощью фазо-разрешающей модели. Предлагается вычислительная процедура, позволяющая трансформировать спектральную информацию в двумерное волновое поле. Приведены примеры использования разработанного метода процедуры для интерпретации спектрального прогноза волн в Балтийском море.

## Структуры и материалы для поглощения звука в воде

**24.05-01.77 Энергетические характеристики прохождения звуковой волны сквозь области скачкообразного изменения сечения волновода. Папкова Ю.И. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2024, № 3, с. 65-74. Рус.**

В настоящее время теоретической основой для моделирования распространения звука в морских волноводах является анализ краевых задач для уравнения Гельмгольца, при этом дно океана представляет собой неровную границу раздела различных сред и рассматривается как совокупность геологических объектов с различной формой и структурой. В работе представлено аналитическое решение задачи о распространении звука точечным источником в волноводе, имеющем резкое изменение сечения, которое моделируется как цилиндрический выступ или впадина. Потенциал скоростей строится в каждой из частей декомпозиции волновода в виде ряда по нормальным модам, с последующей шивкой решения на границе. Для определения коэффициентов при нормальных модах используется аппарат бесконечных систем линейных алгебраических уравнений. Представленное решение позволяет значительно упростить исследование важнейшей характеристики звукового поля — поток энергии через сечение. В работе исследуются энергетические характеристики звуковой волны в волноводе, имеющем выступ (впадину). Приводятся примеры численной реализации с параметрами характерными для геофизических волноводов.

## Акустика морских осадков, ледяного покрова, подводная сейсмоакустика

**24.05-01.78 Исследование реологии льда на основе численного моделирования медленного удара. Петров И.В., Гусева Е.К., Голубев В.И., Епифанов В.П. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2024, 514, № 1, с. 20-28. Рус.**

Лед является материалом со сложной неоднородной структурой. Его свойства зависят от многих факторов и изменяются в процессах деформирования. Таким образом, вопрос о выборе реологической модели льда остается открытым. В данной ра-

боте исследуется поведение льда на примере медленного удара по нему шаровым индентором. Целью ставится разработка методики подбора подходящей модели методами численного моделирования на основе сравнения с экспериментом. Рассматриваются модели упругости, упругопластичности с критериями фон Мизеса и Мизеса—Шлейхера, модель упругости с упругопластическим включением. Определяющая система уравнений решается сеточно-характеристическим методом. Сравнение моделей проводится на основе мгновенной скорости и глубины осадки шара. Изучается влияние параметров моделей на полученные результаты. В итоге подбирается набор параметров, восстанавливающий решение ближе всех к эксперименту.

**24.05-01.79 Модели очагов цунами сейсмического происхождения. Носов М.А., Большакова А.В., Колесов С.В., Семенов К.А. Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 6, с. 2460902. Рус.**

В обзоре даны базовые представления об очаге землетрясения, представлены эмпирические закономерности, связывающие размеры площадки разрыва, величину подвижки и энергию сейсмических волн с магнитудой землетрясения. Обсуждена сложная и неоднозначная связь между магнитудой землетрясения и интенсивностью цунами по шкале Соловьева—Имамуры. Приведены некоторые эмпирические закономерности, связывающие размеры очага цунами, высоту начального возмущения водной поверхности и энергию цунами с магнитудой землетрясения. На основе аналитического решения задачи о генерации гравитационных волн движениями дна и физических оценках показано, что ведущая роль в генерации волн цунами сейсмическими движениями дна принадлежит остаточным смещениям дна, которые происходят в нормальном к поверхности дна направлении. Описана модель, предполагающая аппроксимацию очага цунамигенного землетрясения прямоугольной площадкой разрыва, а также подход к описанию генерации цунами с использованием данных о структуре подвижки в очаге землетрясения. На основе данных о структуре подвижки в очагах сильных подводных землетрясений (200 источников) найдены эмпирические связи амплитуды смещения дна в очаге цунами, вытесненного объема воды и энергии цунами с моментной магнитудой землетрясения. Показано, что доля энергии землетрясения, переходящая к цунами, растет с увеличением магнитуды и составляет от 0.004% (при  $M_W=7$ ) до 0.1% (при  $M_W=9$ ). Показано, что горизонтальные смещения дна, как правило, обеспечивают дополнительный вклад в вытесненный объем воды и энергию цунами.

### Подводные шумы, механизмы генерации и характеристики полей

**24.05-01.80 Робототехнический комплекс обнаружения и локализации подводных источников шума. Переселков С.А., Кузькин В.М., Матвиенко Ю.В. Вестник РФФИ. 2024, № 1(121), с. 101-111. Рус.**

Разработаны методы голографической обработки шумовых сигналов для обнаружения и локализации малогабаритных подводных беспилотных транспортных средств (БТС), обладающих низким уровнем шумоизлучения. Предложена методика применения для контроля подводной обстановки автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) с малогабаритными антеннами из векторно-скалярных приемников (ВСП) на борту. Созданы облики АНПА-транспорта и АНПА-носителя с малогабаритной антенной из ВСП. Выполнены вычислительные и натурные эксперименты, проведена голографическая обработка экспериментальных данных. Предложена новая концепция построения роботизированной системы мониторинга подводной обстановки на основе голографической обработки. Обозначены перспективы развития голографической обработки для гидроакустических сигналов. Ключевые слова: АНПА, голографическая обработка, ВСП, обнаружение, локализация, антенна, БТС.

**24.05-01.81 Помехоустойчивость пассивного гидролокатора с вертикально развитой антенной при консолидированной обработке сигнала. Консон А.Д., Волкова А.А. Гидроакустика. 2024, № 59, с. 46-56. Рус.**

Проведены сравнительные исследования помехоустойчивости по шумовой помехе пространственных каналов пассивного гидролокатора, сформированных в вертикальной плоскости двумя различными методами: традиционным методом линейной фазовой компенсации по элементам антенны и новым методом консолидированной обработки, когда на каждом элементе антенны формируется набор задержек в зависимости от числа лучей для каждой отдельной точки пространства возможного нахождения источника по расстоянию и глубине. Исследования проведены методом компьютерного моделирования широкополосного сигнала, распространяющегося в условиях Черного моря (лето). Сделан вывод о том, что помехоустойчивость в пространственном канале, сфокусированном в точку истинного пространственного положения источника по методу консолидированной обработки, имеет выигрыш в 1.5 раза относительно помехоустойчивости в пространственном канале, сформированном традиционным методом линейной фазовой компенсации. Взаимное влияние двух рядом расположенных источников отсутствует в широком диапазоне расстояний. На близких расстояниях четко локализуется только один источник, либо оба источника сливаются в одно неразделимое пятно. Предложена гипотеза для объяснения наблюдаемого эффекта. Ключевые слова: гидроакустика, пассивная гидролокация, вертикальная антенна, помехоустойчивость, пространственная локализация источника звука, расстояние, глубина погружения.

### Активные и пассивные сонарные системы, алгоритмы обработки сигналов

**24.05-01.82 Актуальные проблемы проектирования сетевой гидроакустической системы. Блинов Д.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 23-26. Рус.**

Рассмотрены вопросы проектирования сетевой гидроакустической системы. Выполнен анализ требований, предъявляемых к сетевой гидроакустической системе. Обозначены ключевые проблемы, возникающие в процессе проектирования подобных систем, и предложены способы их решения.

**24.05-01.83 Система ориентации для стационарных гидроакустических систем с протяженной вертикальной антенной. Бочаров К.Г., Стреленко Т.Б. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 27-30. Рус.**

Для контроля положения и отклонений антенны при эксплуатации используются датчики системы ориентации. В работе приводятся результаты разработки системы ориентации при существенных ограничениях по габаритам датчиков из-за небольшого диаметра антенны.

**24.05-01.84 Оценка влияния некоторых конструктивных особенностей акустического оформления антенн режима пассивного определения дистанции на фазовые характеристики отдельных приемных каналов. Горелов А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 83-86. Рус.**

Показано влияние акустического оформления антенных решеток обтекателями различных геометрий и конструкций на фазовые характеристики отдельных приемных каналов. Показан вариант конструкции обтекателя снижающий фазовые искажения на длине апертуры антенны.

**24.05-01.85 Особенности расчёта гидроакустической приемно-излучающей антенны, предназначенной для работы в составе гидролокатора бокового обзора с сверхширокополосным зондирующим сигналом. Катунин А.А., Можарова Н.А., Напалков С.Б., Песоч-**

**кий А.В.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 93-96. Рус.

Проведён расчёт методом конечных элементов диаграмм направленности механической колебательной системы гидроакустической антенны, предназначенной для работы в режиме бокового обзора. Представлены диаграммы направленности в широком диапазоне частот с учетом амплитудного распределения и без него. Приведены достоинства конструкции данной приёмноизлучающей антенны.

**24.05-01.86** **Направленные свойства гибкой протяженной буксируемой антенны на основе векторно-скалярных приемников.** *Корчагин М.Н.* *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 100-104. Рус.

При использовании гидроакустических станций с гибкими протяженными буксируемыми антеннами (ГПБА) на основе скалярных приемников в силу осесимметричной характеристики направленности возникает неоднозначность пеленга по левому и правому направлению, что может быть устранено при использовании векторно-скалярных приемников (ВСП), формирующих направленность кардиоидного типа. В работе рассмотрены направленные свойства ГПБА на основе ВСП триплетного типа.

**24.05-01.87** **О точности определения дистанции до цели в режиме шумопеленгования методом учета кривизны акустического фронта волны.** *Львовский А.С.* *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 112-115. Рус.

Рассмотрен вариант построения компьютерной модели гидроакустической системы пассивного определения дистанции, позволяющей осуществлять экспресс-оценку влияния фазовых искажений, вносимых обтекателями антенн, погрешность определения координат цели. Осуществлена предварительная оценка влияния фазовой неидентичности приемных антенн на точность определения координат цели.

**24.05-01.88** **Технические решения при разработке механических колебательных систем двухчастотных излучающих и приемных антенн высокочастотных многолучевых эхолотов.** *Можарова Н.А., Захарова Е.В.* *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 116-119. Рус.

Рассмотрен вариант построения двухчастотных механических колебательных систем излучающей и приемной антенн высокочастотного многолучевого эхолота. Приведены электроакустические параметры, полученные расчетным путем.

**24.05-01.89** **Недорогой малогабаритный излучатель.** *Орлов И.С.* *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 120-122. Рус.

Для решения задач оперативной океанологии необходимо иметь широкий ряд гидроакустических преобразователей, которые будут иметь низкую стоимость и малые габариты. Снижение массы и габаритов достигается путем уменьшения количества активного материала и типа конструкции преобразователя. Результат работы — масштабируемая технология изготовления излучателей гражданского назначения.

**24.05-01.90** **Исследование модели низкочастотного малогабаритного гидроакустического излучателя.** *Ор-*

**лов И.С.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 122-125. Рус.

Разработчики гидроакустических преобразователей в процессе работы сталкиваются с задачей снижения нижней рабочей частоты излучателя при минимальных размерах конструкции. Предложен способ снижения рабочей частоты за счет эффекта резонатора Гельмгольца. Получены расчётные зависимости резонансной частоты от геометрии резонатора. Приведены результаты расчета и эксперимента.

См. также **24.05-01.52, 24.05-01.73, 24.05-01.74**

## Гидроакустические преобразователи и антенны

**24.05-01.91** **Диагностика подкильных антенн на надводных кораблях для освещения подводной обстановки.** *Демченко Л.А., Красников И.А., Шабанов А.Л., Кондрашов Г.А.* *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 39-42. Рус.

Рассматриваются вопросы технической диагностики подсистем гидроакустических комплексов с подкильными антеннами, устанавливаемых на надводных кораблях.

**24.05-01.92** **Токосъемник комбинированный для гидроакустической станции с гибкой протяженной буксируемой антенной.** *Казутина М.Е.* *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 136-139. Рус.

Представлены результаты разработки токосъемника комбинированного (ТК) в составе волоконно-оптической линии связи гидроакустической станции (ГАС) с гибкой протяженной буксируемой антенной для надводных кораблей, а также рассмотрены перспективы применения ТК для ГАС подводных носителей (ПН).

**24.05-01.93** **Исследование импульсных процессов в ключевых усилителях мощности на карбидкремниевых полупроводниковых приборах при работе на гидроакустический излучатель.** *Семенов Д.А., Казаков Ю.В., Симонова Г.С.* *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 274-278. Рус.

Рассматриваются динамические процессы в схемах ключевых усилителей мощности, необходимость демпфирования высокочастотных колебаний, возникающих при коммутации ключевых элементов схемы. Даны рекомендации по выбору параметров демпфирующих цепей.

**24.05-01.94** **Исследование характеристик ключевого усилителя мощности гидроакустических сигналов с прямым согласованием с гидроакустическим излучателем.** *Симонова Г.С., Маркова Л.В., Семенов Д.А.* *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 278-282. Рус.

Представлена модель ключевого усилителя мощности, обозначены проблемы в части трансформаторного согласования ключевого усилителя мощности с нагрузкой, приведены результаты испытаний макета усилителя мощности с прямым согласованием с нагрузкой, обозначены перспективы дальнейших исследований.

**24.05-01.95** О методе аналитического решения задач механики деформируемого твердого тела при проектировании электроакустических преобразователей на основе пленочных полимерных пьезоматериалов. *Деметьев И.И., Селезнев И.А., Горелов А.А., Шабанов В.А. Гидроакустика. 2024, № 59, с. 5-18. Рус.*

Применение пленочных пьезоматериалов в изделиях гидроакустической и электрогенераторной техники требует переосмысления подходов к расчетам напряженно-деформированного состояния чувствительных элементов электроакустических преобразователей, сложившихся за длительный период использования пьезокерамических составов для изготовления чувствительных элементов. В статье предложен новый подход к расчетам напряженно-деформированного состояния пленочных чувствительных элементов преобразователей, базирующийся на методах механики деформируемого твердого тела. В развитие предложенного подхода в статье показан метод аналитического решения разрешающей системы дифференциальных уравнений в частных производных на примере жестко закрепленного по периметру объекта математического моделирования. Ключевые слова: гидроакустическая и электрогенераторная техника, электроакустический преобразователь, пленочный полимерный пьезоэлектрический материал, напряженно-деформированное состояние, метод аналитического решения системы дифференциальных уравнений в частных производных.

**24.05-01.96** Об излучении широкополосным преобразователем волноводного типа с амплитудно-фазовым возбуждением. *Степанов Б.Г. Гидроакустика. 2024, № 59, с. 19-29. Рус.*

Рассмотрен принцип построения и вариант возбуждения преобразователя волноводного типа (ПВТ), обеспечивающего широкополосную амплитудно-частотную и практически линейную фазочастотную характеристики излучения. ПВТ представляет собой соосный набор пьезоцилиндров с заполненной жидкостью внутренней полостью. Проведено исследование влияния ряда параметров ПВТ на его частотные и импульсные характеристики. Приводятся результаты расчетов и экспериментальных исследований. Ключевые слова: преобразователь волноводного типа, амплитудно-фазовое возбуждение, широкополосность, амплитудно-частотная и фазочастотная характеристики, короткие акустические сигналы.

**24.05-01.97** Оценка возможности использования особенностей структуры гидроакустического поля в дальних зонах акустической освещенности для определения координат и параметров движения шумящих объектов, находящихся у поверхности океана. *Ермаков С.А., Лободин И.Е. Гидроакустика. 2024, № 59, с. 30-38. Рус.*

Рассмотрены условия возникновения дальних зон акустической освещенности (ДЗАО) от приповерхностных шумящих объектов и особенности формирования в них гидроакустического поля в вертикальной плоскости. Оценены характеристики элементов звукового поля в зависимости от типа вертикального распределения скорости звука и глубины погружения приемной системы. Показано, что для приповерхностного шумящего объекта ДЗАО в вертикальной плоскости разделяется на две полузоны, для которых расстояние между ближними границами не зависит от номера ДЗАО. Это, в свою очередь, может позволить по моментам времени обнаружения и моментам времени потери сигналов в вертикальной плоскости определять скорость взаимного изменения расстояния с приповерхностным шумящим объектом и номер ДЗАО, в которой он находится. Ключевые слова: дальняя зона акустической освещенности, вертикальное распределение скорости звука, аномалия распространения, определение координат.

См. также **24.05-01.50, 24.05-01.53, 24.05-01.75, 24.05-01.82, 24.05-01.83**

## Подводные измерения и калибровка аппаратуры

**24.05-01.98** Анализ технического состояния приёмного канала в системе технической диагностики. *Андропов А.С., Красников И.А., Бабенко В.В., Неклюдова А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 16-19. Рус.*

Рассматриваются концептуально новые принципы диагностики приёмно-усилительной аппаратуры в составе гидроакустического комплекса.

**24.05-01.99** О глубине профилирования гидроакустического профилографа донного грунта. *Вагин А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 31-35. Рус.*

Площадное обследование и получение информации о структуре грунта выполняется с помощью гидроакустического профилографа. Одной из основных технических характеристик профилографа является глубина профилирования. В работе приводится расчет глубины профилирования (дальности действия) профилографа при различных отстояниях от дна и типах грунта, что важно учитывать при проектировании и практическом использовании.

**24.05-01.100** Развитие методов и измерительных каналов с высокими метрологическими характеристиками для обеспечения морских систем. *Греков А.Н., Греков Н.А., Сычев Е.Н. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 36-39. Рус.*

Для мониторинга параметров состояния морской воды используют автоматизированные системы — такие, как STD и SVP. Однако существуют альтернативные разработки сенсоров для измерения плотности и показателя преломления. Также обсуждается точность измерительных каналов и проблемы с определением солёности и плотности *in situ*.

**24.05-01.101** Ошибки определения радиальной протяженности цели при использовании многоимпульсного частотно модулированного сигнала. *Жаворонкова А.Д., Соколов Д.А., Стреленко Т.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 42-46. Рус.*

Приводятся результаты исследования ошибок оценки радиальной протяженности цели при использовании многоимпульсного сигнала для различных отношений сигнал-помеха. Предложен алгоритм определения радиальной протяженности цели для многоимпульсного сигнала. Оценки выполнены для эхо-портретов моделей иностранных подводных лодок.

**24.05-01.102** Анализ возможности построения универсальной структуры оценки эффективности алгоритмического обеспечения гидроакустических средств наблюдения. *Инюкина А.М., Шейнман Е.Л. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 46-49. Рус.*

Рассматривается задача оценки эффективности алгоритмического обеспечения гидроакустических средств подводного наблюдения. Показана возможность построения структуры универсальной системы оценки эффективности, обеспечивающей сравнительный анализ алгоритмического обеспечения в различных помехо-сигнальных ситуациях. Область применимости такого подхода — системы моделирования, направленные на проектирование гидроакустических средств наблюдения.

**24.05-01.103** Методика оценки производительности поиска целей надводным кораблем с использованием гидроакустической станции с гибкой протяженной буксируемой антенной. *Калинина Р.Р., Ложкин Д.В.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 49-52. Рус.

Оценивается производительность поиска целей надводным кораблем с помощью пассивной гидроакустической станции с гибкой протяженной буксируемой антенной. Представлена методика, позволяющая получить максимальную производительность поиска цели, которая учитывает параметры буксирно-кабельной системы, скорость корабля-носителя, помехосигнальную ситуацию и особенности гидролого-акустических условий при эксплуатации. Выполнены расчеты для конкретного примера.

**24.05-01.104** Диагностика одноканальных подсистем в составе гидроакустического комплекса. *Кондрашов Г.А., Красников И.А., Бабенко В.В., Демченко Л.А.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 53-56. Рус.

Рассматривается вопрос контроля одноканальных подсистем в составе гидроакустического комплекса.

**24.05-01.105** Замкнутый цикл тестового контроля, функциональной диагностики и технического обслуживания в жизненном цикле сложных систем. *Красников И.А.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 56-60. Рус.

Обосновывается необходимость создания единой структуры тестового и функционального контроля, работающих в симбиотической связи с процессом технического обслуживания и ремонта сложных систем.

**24.05-01.106** Анализ эффективности определения параметров движения объекта в режиме шумопеленгования стационарной гидроакустической станции. *Николаева О.Д., Шейнман Е.Л.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 60-64. Рус.

Рассматривается задача анализа эффективности определения курса морского объекта и оценки отношения скорости объекта к дистанции для стационарной гидроакустической станции. Предложены два способа оценки отношения скорости морского объекта к дистанции в текущий момент времени. Проведено моделирование с целью проверки работоспособности предлагаемых алгоритмов. По результатам сравнительной оценки эффективности выбран метод, обеспечивающий минимальную погрешность оценки параметра.

**24.05-01.107** Оценка флуктуаций пеленга при классификации в режиме накопления. *Тумасова Н.В., Шилина Е.С.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 64-66. Рус.

Проводятся результаты исследования имитационных способностей разносённых двух и трёх точечных самоходных имитаторов при имитации ими протяжённого подводного объекта по классификационному признаку «накопленные за сигнал флуктуации пеленга».

**24.05-01.108** Анализ технического состояния информационного обмена между абонентами в гидроакустических комплексах. *Шабанов А.Л., Красников И.А.,*

*Кондрашов Г.А., Иванов Н.А.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 67-70. Рус.

Рассматривается вопрос контроля информационного обмена гидроакустических комплексов. Анализируется тип межприборных связей; возможность контроля информационного обмена; использование и назначение типов связей в гидроакустических комплексах.

**24.05-01.109** Применение программного моделирования составных частей гидроакустических комплексов для разработки и модернизации алгоритмов их технического диагностирования. *Щетинина М.Г.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 70-74. Рус.

Рассматривается проблематика модернизации системы диагностирования составных частей серийных гидроакустических комплексов; показан пример решения с помощью программного моделирования и предложен метод проектирования алгоритмов диагностирования для вновь разрабатываемых изделий.

**24.05-01.110** Расширение возможностей применения автономных необитаемых подводных аппаратов за счёт уменьшения их габаритов. *Ясников А.И.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 75-78. Рус.

Повышение интереса технических специалистов к изучению труднодоступных и мелководных участков различных акваторий в коммерческих, научных и военных целях вызвало соответствующую потребность в расширении возможностей применения автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА). Рассмотрено инновационное направление, заключающееся в создании АНПА существенно малых габаритов (микро-АНПА) со специализированной акустической полезной нагрузкой. Выделены направления развития потенциала микро-АНПА, показаны ключевые проблемы, решение которых может расширить возможности таких аппаратов для решения задач в рамках батиметрических обследований, обеспечения гидроакустической связи и контроля подводной обстановки.

**24.05-01.111** Уточнение методики расчёта параметров гидроакустических экранов. *Баулин Д.А., Горелов А.А.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 79-82. Рус.

Предлагается к рассмотрению способ уточнения методики расчёта основных акустических характеристик гидроакустических экранов резиноталлического типа путём учёта упругих постоянных конструкционных материалов в их составе и реальной внутренней геометрии воздушных полостей.

**24.05-01.112** Критерий надёжности цилиндрических излучателей изготовленных по масштабируемой технологии. *Кулебакин А.И.* Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 109-111. Рус.

Рассматривается вероятность безотказной работы как основной критерий надёжности цилиндрических излучателей, изготовленных из цельных пьезоэлементов поляризованных по радиусу. Получена корреляция характеристического размера, вероятности безотказной работы и резонансной частоты.

**24.05-01.113** Моделирование процесса деформирования подводного газопровода под действием взрывной нагрузки. *Абузяров М.Х., Глазова Е.Г., Кочет-*

ков **А.В., Кочетков М.А.** *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика.* 2024, № 2, с. 97-104. Рус.

Моделируется процесс деформирования подводного двухслойного газопровода при взрыве близко расположенного заряда октогена. Для моделирования применяется специально разработанный авторский пакет программ для решения трехмерных динамических задач взаимодействия упругопластических конструкций со сжимаемыми средами, основанный на единой схеме Годунова повышенной точности для расчета совместного движения как газовых, жидкостных так и упругопластических сред. В пакете применен эйлерово-лагранжев подход с явным выделением подвижных контактных поверхностей между различными средами. Используется три типа расчетных сеток для каждой из сред. Это лагранжевые поверхностные сетки в виде непрерывного набора треугольников для задания начальной геометрии тел и для их сопровождения в процессе расчета, и два вида автоматически генерируемых в процессе расчета объемных трехмерных сеток. Инициация заряда, имеющего сферическую форму, производится в его центре. Для описания процесса распространения установившейся детонации применяется гидродинамическая теория детонации. Сформированные при взрыве в окружающей жидкости ударные волны взаимодействуют с фрагментом двухслойного трубопровода и жестким дном. Анализируются волновые процессы, как в стальной трубе, так и в утяжеляющей ее бетонной оболочке. Оцениваются нагрузки на трубопровод в зависимости от расстояния до заряда. Показано возможное разрушение как стальной, так и бетонной утяжеляющей оболочки в областях растягивающих деформаций, формирующихся в местах максимального изгиба трубопровода. Показано, что близость дна может существенно усилить воздействие взрывного нагружения за счет действия отраженных от дна ударных волн.

См. также **24.05-01.48, 24.05-01.80, 24.05-01.84, 24.05-01.87**

## Компьютерное моделирование в гидрофизике и гидроакустике

**24.05-01.114 "Проблема 2038" в корабельных системах.** **Бочаров Ф.Д., Мидили А.И., Зайцев О.И.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 200-202. Рус.

Одна из важных технологических проблем в вычислительной технике, проявляющаяся в настоящее время и касающаяся современных корабельных систем, — так называемая «проблема 2038». В работе рассматриваются ее проявление на стыке технологий 32- и 64-разрядных систем и программные особенности решения имеющихся нюансов в существующих и будущих корабельных комплексах.

**24.05-01.115 Непрерывное интегрирование и непрерывное развертывание при отладке программного обеспечения для гидроакустических средств.** **Ионов Е.В., Королёв С.Н., Мидили А.И.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 217-220. Рус.

Важнейшими условиями разработки программного обеспечения (ПО) для гидроакустических средств (ГС) — комплексов и станций является отлаженность и безотказность работы на всех этапах сдачи. Для выполнения этих условий аппаратно-программными средствами были внедрены такие технологии, как непрерывная интеграция и непрерывное развертывание (CI/CD). В данной работе рассмотрены варианты использования этой методологии, включая дальнейшее тестирование, развертывание и мониторинг результатов на всех этапах разработки ПО. Также в работе рассматриваются варианты масштабирования этой технологии и внедрение этапов тестирования до привлечения человека в этот процесс.

**24.05-01.116 Разработка инструментария программного комплекса имитационного моделирования гидроакустических комплексов и систем.** **Лашевич В.В., Лисс Н.И.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 240-244. Рус.

Представлен опыт разработки программной платформы, предоставляющей инструменты для быстрого создания унифицированных программных модулей, используемых при графическом проектировании гидроакустических систем, и обеспечивающей их взаимодействие друг с другом при построении диаграмм и наборов библиотек модулей.

**24.05-01.117 Разработка унифицированных программных модулей режима шумопеленгования для комплекса имитационного моделирования гидроакустических комплексов и систем.** **Лисс Н.И., Андреевко А.О., Лашевич В.В., Новиков В.К.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 245-247. Рус.

Представлена разработанная библиотека унифицированных программных модулей режима шумопеленгования для комплекса имитационного моделирования гидроакустических комплексов и систем. Подробно рассмотрены модули, используемые при реализации универсального алгоритма формирования веера пространственных каналов.

**24.05-01.118 Проверка целостности данных с помощью программы автоматизированного контроля опытного образца геленаполненной сейсмокозы.** **Малюкова М.А.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 248-251. Рус.

Любые нарушения в работе функциональных узлов сейсмокозы ведут к потере достоверности информации сейсморазведки, в связи с этим при автоматизированном контроле функциональных узлов особое внимание уделяется перечню проводимых проверок, необходимых и достаточных для принятия решения об их работоспособности.

**24.05-01.119 Эмуляция аппаратно-программных средств для разработки компонентов программного обеспечения цифрового вычислительного комплекса гидроакустических средств.** **Мидили А.И., Мальцева Н.В.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 252-254. Рус.

Рассматриваются вопросы применения технологического программного обеспечения (ПО), эмулирующего необходимые аппаратно-программные средства на ранних этапах разработки штатного ПО. Представляется имитационная модель эмуляции для гидроакустических средств. Описывается разрабатываемый эмулятор, а также принципы его разработки и внедрения.

**24.05-01.120 Имитационное моделирование работы протоколов информационного обмена при разработке сетевой гидроакустической коммуникационной системы.** **Полных П.А.** *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 265-269. Рус.

Рассмотрены аспекты создания модели сетевого, транспортного и сеансового уровней сетевой гидроакустической коммуникационной системы. Модель используется для отладки протоколов обмена в условиях коллизий, выхода из строя узлов сети

и позволяет оценить быстродействие и надежность системы.

**24.05-01.121** Исследование вопросов эффективности применения технологии OpenCL при разработке программного обеспечения в гетерогенных вычислительных комплексах. *Холковский К.В., Лукин Р.О., Мальцева Н.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 294-297. Рус.

Рассматриваются варианты и перспективы использования вычислительной мощности в гетерогенных вычислительных комплексах в рамках стандарта OpenCL на примере алгоритма формирования характеристик направленности (ФХН) гибкой протяженной буксируемой антенны. Проводится сравнение времени выполнения различных математических операций при использовании математических библиотек и платформы OpenCL. Описывается реализация алгоритма ФХН с применением платформы OpenCL и процессора Эльбрус-2С3.

**24.05-01.122** Применение циклических избыточных кодов для повышения надежности передачи данных в сетевой гидроакустической коммуникационной системе. *Чилингаров А.О. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 297-300. Рус.

Работа посвящена анализу эффективности применения циклических избыточных кодов для снижения вероятности ошибочного приема. Приведено сравнение обнаруживающей способности нескольких схем добавления избыточных символов для сигнала на основе M-последовательностей.

**24.05-01.123** Особенности тестирования программного обеспечения гидроакустических комплексов надводных кораблей. *Шаторная А.М. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 301-304. Рус.

Рассматриваются этапы создания программного обеспечения гидроакустических комплексов надводных кораблей, производимые на данных этапах тестирования и роли участников в описываемом процессе. Описываются необходимые условия для возможности тестирования программного обеспечения: математическое моделирование, проектирование и создание различного типа программных имитаторов. Показываются различия тестирования задач первичной, вторичной и третичной обработки.

**24.05-01.124** Разработка программного обеспечения учебно-тренировочного режима. *Шюда М.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 305-307. Рус.

Рассматриваются проблемы с отображением меток на географической карте при разработке программного обеспечения учебно-тренировочного режима стационарной системы подводного наблюдения, а также варианты и особенности их решений.

**24.05-01.125** Применение искусственного интеллекта в морском приборостроении. *Яковлев Н.А., Никитин В.В., Семёнова Е.Г. Прикладные технологии гидро-*

*акустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 308-311. Рус.

Искусственный интеллект (ИИ) является передовой научной тематикой в области информационных технологий. Универсальность инструментария ИИ позволяет применять данную технологию в различных областях науки и техники. ИИ может применяться в морском приборостроении в целях наилучшего распознавания объектов специального назначения, а также в целях исследования объектов гидросферы. В данной статье проводится сравнительный анализ нейронных сетей в целях определения наиболее эффективной нейронной сети для распознавания образов.

См. также **24.05-01.87, 24.05-01.109**

## Лабораторное экспериментальное моделирование

**24.05-01.126** Оценка рациональности разработки технологии изготовления твёрдотельных сейсмоков. *Арсентьев Д.А., Мокшина М.А., Малыш Д.В., Лепехина Т.К. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 126-129. Рус.

Рассматриваются особенности строения твёрдотельных сейсмоков по сравнению с геленаполненными. Проведён сравнительный анализ сейсмоков по ряду факторов с целью определить рациональность и приоритетность разработки собственной технологии изготовления.

**24.05-01.127** Создание комплексного стенда для проведения среднего ремонта изделия "Иртыш-Амфора" вопросы проектирования и подготовки производства. *Гнусова О.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 131-135. Рус.

Отражена организация работ по созданию в АО «Северный Рейд» комплексного стенда изделия «Иртыш-Амфора» (изделие МГК-600) при планируемом среднем ремонте заказов зав. № 201-203. Проблемы и пути их решения при подготовке производства к ремонту изделия МГК-600.

**24.05-01.128** К вопросу комплексирования данных. *Колбин П.Д. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 230-232. Рус.

Ряд методов оценки текущих координат цели, работая с базами данных системы гидроакустических расчётов, имеют предельную точность, эквивалентную шагу расчёта используемой базы данных. В работе предлагается использование принципов интервального комплексирования данных для получения единого решения по цели.

См. также **24.05-01.84, 24.05-01.95, 24.05-01.96, 24.05-01.97, 24.05-01.100, 24.05-01.102, 24.05-01.103, 24.05-01.104, 24.05-01.105, 24.05-01.106, 24.05-01.107, 24.05-01.108, 24.05-01.109, 24.05-01.110, 24.05-01.111, 24.05-01.112, 24.05-01.113**

## Атмосферная и аэроакустика

### Инфразвуковые и акустико-гравитационные волны

См. **24.05-01.72**

### Ударные и взрывные волны, звуковой удар

**24.05-01.129** Анализ процессов, сопровождающих цилиндрическую кумуляцию. Буравова С.Н., Великова А.Ф., Музина Н.И., Копытский В.О., Петро Е.В., Алымов М.И. Доклады Российской академии наук. Физика, технические науки. 2024. 515, № 1, с. 5-8. Рус.

Сужение потока в цилиндрических образцах является причиной неустойчивости движения, проявляющегося в образовании окружного напряжения сжатия, в результате которого на фронте ударной волны возникают возмущения в виде маховских трехударных конфигураций (выступов). Площадь фронта возмущенной ударной волны растет за счет выступов, которые усиливаются в результате поглощения более мелких возмущений, постоянно генерируемых на фронте ударной волны. Резкий рост площади фронта на завершающей стадии сопровождается образованием нескольких крупных выступов, которые делают фронт ударной волны на отдельные сектора, где совершают колебательные движения. При столкновении встречных конфигураций возникающая зона высокого давления «выносит» часть сжатого материала из-под фронта вперед. Процесс кумуляции завершается, когда высота выступов становится равной расстоянию фронта до оси. Околоосевое пространство занимает выступами фронта, а возникшая при этом отраженная ударная волна тормозит набегающий поток.

### Авиационная акустика

**24.05-01.130** Численное исследование акустической эффективности разновысотной звукопоглощающей конструкции в канале с касательным падением звуковой волны при наличии потока. Писарев П.В., Ахунзянова К.А. Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2023, № 4, с. 215-221. Рус.

Представлены физическая и математическая модели расчета акустических характеристик ячеек звукопоглощающих конструкций различного объема. Приведены результаты численных экспериментов по моделированию акустической волны в модельном канале с резонаторами различного объема при наличии потока.

**24.05-01.131** О роли второй вязкости в моделировании течений разреженного газа. Янышев Д.С., Широкоев И.А., Киришина М.А., Молчанов А.М., Быков Л.В. Мат. моделир. 2024. 36, № 5, с. 120-136. Рус.

На примере задачи обтекания наклонной пластины потоком разреженного газа с  $M=20$  рассматриваются вопросы корректного учета эффектов, возникающих при течении разреженного газа, в частности — второй (объемной) вязкости. Дается краткий обзор современного состояния вопроса по исследованию второй вязкости газов. Приводятся и анализируются результаты расчетов с использованием уравнений Навье—Стокса и квазигазодинамических уравнений. Делается вывод о существенном влиянии второй вязкости на результаты расчетов течений разреженных газов независимо от используемой для расчетов системы уравнений динамики.

**24.05-01.132** Study of the Acoustic and Aerodynamic Characteristics of Lobed Nozzles. Исследование акустических и аэродинамических характеристик гофрированных со-

пел. Копьев В.Ф., Храмов И.В., Черенкова Е.С., Зайцев М.Ю., Берсенев Ю.В., Ершов В.В., Кустов О.Ю., Бульбович Р.В. Акустический журнал. 2023. 69, № 6, с. 737-744. Рус.

Приводятся результаты исследования снижения шума дозвуковой турбулентной струи за счет использования гофрированной формы сечения сопла. Рассматривались гофрированные сопла с числом гофров от 6 до 12 различной высоты. Эксперименты проводились в двух заглушенных камерах: заглушенной камере с аэродинамическими источниками шума Лаборатории механизмов генерации шума и модального анализа ПНИПУ и заглушенной камере с потоком АК-2 ЦАГИ. Звуковое поле дозвуковой струи, истекающей из гофрированного сопла, сравнивалось со звуковым полем эквивалентной круглой струи. В работе демонстрируются способы расширения частотного диапазона, в котором достигается снижение шума струй при использовании гофрированных сопел. Приводится оценка потерь тяги в гофрированных соплах на основе RANS расчета.

См. также **24.05-01.31**, **24.05-01.32**, **24.05-01.45**

### Колебания тел и структур в потоке, аэроупругость

**24.05-01.133** Учет шероховатости поверхности при моделировании процессов обледенения. Козелков А.С., Галанов Н.Г. Экологические системы и приборы. 2024, № 10, с. 58-69. Рус.

В статье представлена физико-математическая модель, которая используется при численном моделировании процесса формирования льда на поверхности летательных аппаратов в стандартных атмосферных условиях с учетом шероховатости поверхности, возникающей в процессе обледенения. Образующаяся шероховатость описывается моделью так называемой «песочной» шероховатости и её модификациями. Учет шероховатости поверхности проводится за счет внедрения величины шероховатости в модель турбулентности и в логарифмический закон функции стенки. В статье представлены две коррекции модели шероховатости, позволяющие автоматически рассчитывать высоту шероховатости в зависимости от параметров набегающего потока и капель сплошной среды. В качестве примера работоспособности реализованных уравнений представляются результаты численного моделирования задач аэродинамики и обледенения профиля крыла NASA0012 с учетом и без учета шероховатости. Показано, что при учете шероховатости водяная плёнка меньше растекается по поверхности и рогаобразные наросты образуются в местах аналогичных, полученных при натурных испытаниях. В целом, учет шероховатости при численном моделировании, позволяет получать формы ледяных наростов, лучше согласующиеся с экспериментальными данными, по сравнению с результатами расчетов, которые были получены без учета шероховатости. Ключевые слова: аэродинамика, численное моделирование, уравнения Навье—Стокса, метод TVD, обледенение, модель песочной шероховатости. DOI: 10.25791/esip.10.2024.1480.

См. также **24.05-01.15**

## Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика

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

**24.05-01.134** Спектральные характеристики источников акустической эмиссии в горных породах. Пащенко Р.А. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2024, № 3, с. 2430503. Рус.

Работа посвящена исследованию спектральных характери-

стик источников акустической эмиссии (АЭ) в горных породах. Осуществлен анализ данных ранее проведенных экспериментов на образцах песчаника и гранита с целью анализа акустических сигналов, возникающих при механических напряжениях, и определения их соответствия сейсмическим процессам. В работе описана калибровка системы, выполненный анализ учёта затухания волн и геометрических факторов. Основной задачей исследования стало определение корнер-частоты для оценки размеров трещин-излучателей. В ходе анализа было обнаружено, что для 99% событий корнер-частоты не выявлены в диапазоне 100—1250 кГц. Оставшиеся 1% событий дали корнер-частоты порядка 1080 кГц для песчаника и 975 кГц для гра-

нита, что соответствует максимальным размерам трещин 0.5 мм и 1 мм соответственно. Результаты демонстрируют необходимость дальнейших исследований и корректировок методик, чтобы повысить точность измерений и понять физическую природу спектральных характеристик.

### Акустические волны в многофазных средах

См. 24.05-01.134

### Сейсмическое зондирование геологических структур

**24.05-01.135** **Общее сейсмическое районирование в терминах высокочастотного некогерентного излучения: теоретические и практические аспекты.** *Коновалов А.В.* *Вопросы инженерной сейсмологии.* 2024. 51, № 2, с. 20-35. Рус.

Предложено усовершенствование методологии общего сейсмического районирования. В качестве нормативной величины воздействий рассмотрена высокочастотная метрика движения грунта (в физических единицах), которая воспроизводит свойства некогерентности, а также адекватный переход в инженерные характеристики. Регионализация модели затухания основана на ее физическом представлении в рамках модели очага с фрагментарными неровностями в смысле прочности, являющимися источниками высокочастотного некогерентного излучения. Для параметризации сейсмических воздействий используется сброшенное напряжение, определяемое по высокочастотным спектрам. Среднее сброшенное напряжение на неровностях для субдукционных землетрясений составило около 40 МПа, для коровых — от 10 до 40 МПа. В работе представлены краткий обзор, поиск и обоснование физических параметров очага, а также предложены и апробированы расчетные процедуры для стохастического моделирования высокочастотного излучения с амплитудами и спектрами, ожидаемыми из наблюдений.

См. также 24.05-01.18

### Исследование геологических сред с использованием сейсмического шума

См. 24.05-01.135

### Обратные задачи сейсмоакустики

**24.05-01.136** **Технология вертикального сейсмического профилирования высокого разрешения (ВСП-ВР).** *Тихонов А.А.* *Каротажник.* 2024, № 1, с. 74-83. Рус.

В условиях использования все более эффективных инструментов проводки добывающих скважин повышается актуальность высокой детализации геологической модели участка эксплуатационного бурения. В этой связи становится актуальным использование технологий комплексной высокочастотной обработки данных скважинной и наземной сейсморазведки, позволяющих при минимальных затратах строить детальную геолого-геофизическую модель в окрестности геологоразведочной или эксплуатационной скважины. Одним из наиболее эффективных и недорогостоящих сейсмических инструментов изучения околоскважинного пространства может стать технология, объединяющая результаты построения высокоразрешенных сейсмических изображений по совместным данным наземных и скважинных сейсмических наблюдений, в том числе по методу обращенного годографа (МОГ). Основу такой обработки может составить повышение разрешающей возможности как на основе расширения спектра сигнала за счет его экстраполяции в область высоких частот, так и на основе инверсионных преобразований. Именно этому вопросу посвящена настоящая

работа. Приведены практические примеры.

**24.05-01.137** **Оценка азимутальной анизотропии и 3d-миграция по данным кругового вертикального сейсмопрофилирования (ВСП).** *Черкашнев С.А., Купцова Т.Н., Даниленко В.Н., Шулькова Л.А., Сергеев А.А., Мамлеев Т.С.* *Каротажник.* 2024, № 1, с. 84-89. Рус.

Использование Кругового ВСП (Walkaround VSP) как высокотехнологичной альтернативы непродольному ВСП (НВСП) и дополняющего ВСП метода обращенного годографа (МОГ) показало эффективность при выделении и идентификации пластов толщиной, не превышающей 8 м. Миграция данных Кругового ВСП позволила выделить песчаные фации в девонских отложениях и обнаружить структурную неоднородность, которая не выявлялась другими сейсмическими методами.

**24.05-01.138** **Развитие технологий метода вертикального сейсмического профилирования в условиях изменчивой верхней части разреза.** *Шегтман Г.А.* *Каротажник.* 2024, № 1, с. 143-147. Рус.

Освещены технология проведения работ, а также обработка и интерпретация данных вертикального сейсмического профилирования (ВСП), полученных на одном из участков, особенностью которого является неоднородность верхней части разреза, обусловленная присутствием многолетних мерзлых пород. Показано, что учет этой неоднородности важен для прогнозирования сейсмических скоростей как по стволу, так и ниже забоя скважины, а также для формирования изображений среды. При глубине исследуемой скважины около 2 км удалось оценить реальность сейсмических границ до глубины 5 км при количественной оценке пластовых сейсмических скоростей до глубины 3 км.

**24.05-01.139** **Применение аппаратуры Geochain X HP для скважинного микросейсмического мониторинга при многостадийном гидроразрыве пласта (МГРП).** *Вагапова Г.Ф., Звезгинцев А.А.* *Каротажник.* 2024, № 3, с. 30-42. Рус.

Приведены характеристики скважинной сейсмической системы Geochain X HP, а также результаты скважинного мониторинга сейсмических микропроцессов, регистрируемых этой аппаратурой при многостадийном гидроразрыве пласта: определение направления, протяженности, высоты и интенсивности образования трещин в результате искусственных воздействий на продуктивные пласты на нефтяном месторождении Волго-Уральского региона.

**24.05-01.140** **Вертикальное сейсмическое профилирование высокой четкости в условиях солянокупольной тектоники Припятского прогиба.** *Табачков А.А., Степченко Ю.А., Ференци В.Н., Коваленко М.С., Чечёткина Е.А.* *Каротажник.* 2024, № 3, с. 100-111. Рус.

Сейсморазведка высокой четкости (СВЧ) предназначена для получения достоверных результатов обработки данных в максимально широком диапазоне частот в присутствии сильных помех. Для достижения диапазона порядка семи октав применяется аддитивный итеративный анализ волнового поля методом проектирования на область допустимых значений параметров в нескольких частотных диапазонах. На примере обработки данных вертикального сейсмического профилирования (ВСП), проведенного в сложных геологических условиях Припятского прогиба, демонстрируется возможность достижения частотного диапазона 0–300 Гц. Представлены новые результаты, полученные в процессе развития технологии, сделаны выводы об эффективности ее применения. Продемонстрирована возможность автоматизации обработки с применением концепции «Интеллектуальный робот» (ИР). Достоверность полученных результатов подтверждается сопоставлением с данными каротажа (ГИС) и наземной сейсморазведки.

См. также 24.05-01.135

## Акустическая экология; Шумы и вибрации

**Шумы и вибрации в воздушной среде**

См. 24.05-01.31, 24.05-01.132

**Подводные шумы и вибрации**

См. 24.05-01.81

**Биологические эффекты шумов и вибраций**

24.05-01.141 Влияние акустического излучения в звуковом диапазоне частот на человека, находящегося под водой. *Блинов Д.А., Воротынцева А.С. Гидроакустика. 2024, № 59, с. 39-45. Рус.*

Рассмотрено влияние акустического излучения в частотном диапазоне 16—20 000 Гц на человека, находящегося под водой. Определены значения болевого порога и предельно допустимого уровня звукового давления в водной среде. Произведена оценка безопасного расстояния от источника акустического излучения для рабочих частот (6, 8, 10, 15 кГц). Ключевые слова:

болевого порог, водолазные работы, распространение звука под водой, влияние звука на человека.

**Воздействие шумов и вибраций на сооружения и технику**

См. 24.05-01.30

**Структурная акустика и вибрации**

См. 24.05-01.43

**Поглотители слабых и интенсивных акустических волн**

См. 24.05-01.130

**Шумоизоляция**

См. 24.05-01.130

**Акустика помещений; Музыкальная акустика**

См. 24.05-01.38

**Общие вопросы строительной акустики****Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование****Компьютерная обработка результатов эксперимента**

См. 24.05-01.13, 24.05-01.95

**Акустическая голография и томография**

См. 24.05-01.80

**Акустика живых систем; Биологическая акустика****Распространение акустических волн в тканях и органах**

См. 24.05-01.67

**Речеобразование и восприятие речи**

24.05-01.142 Исследование вибротактильного преобразователя звука для глухих людей, реализованного на основе тракта первичной обработки сигналов. *Поданов А.С., Баушев О.Ю., Ваганов А.В. Приклад-*

*ные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб, 2024, с. 258-263. Рус.*

Рассматривается устройство, предназначенное для ориентации абсолютно глухого человека в акустическом поле посредством стимуляции кожных покровов микровибрациями. Приводятся краткое описание вибротактильного преобразователя звука, результаты отладки и исследования параметров входящих в него блоков, полученные с применением автоматизированной системы контроля.

**Физические основы технической акустики****Акустические измерения и аппаратура**

24.05-01.143 Автоматизированный контроль режущего инструмента и улучшение качества обработки рельефного изображения в морском приборостроении. *Устиновский Г.С., Семенова Е.Г., Землянская Е.Р. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25—27 октября 2023 года. СПб, 2024, с. 189-192. Рус.*

Исследуется вопрос управления траекторией движения инструмента при обработке рельефного изображения на станке с числовым программным управлением путем коррекции управляющей программы режущего инструмента и сокращения этапов обработки.

24.05-01.144 Разработка и исследование ключевого стабилизированного конвертора гидроакустической передающей аппаратуры. *Гаврилов В.А., Букалов А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специа-*

листов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 206-210. Рус.

Рассмотрены особенности работы ключевого стабилизированного конвертора (КСК) с широтно-импульсной модуляцией и фазоимпульсной модуляцией (ФИМ), предложены рекомендации по проектированию КСК с ФИМ.

**24.05-01.145 Результаты разработки и исследования устройства согласования и компенсации усилителя мощности гидроакустических сигналов. Заика В.В., Ермолаева Е.Ю., Останин Д.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 210-213. Рус.**

Статья посвящена вопросам повышения эффективности мощных гидроакустических трактов путём использования компенсации ёмкости пьезоэлектрического излучателя. Предлагаются способы организации компенсации ёмкости, проводится их сравнительный анализ по ряду критериев, а также определяются основные требования к самому дросселю компенсации.

**24.05-01.146 Рефакторинг программного обеспечения в части автоматизированных систем технической диагностики. Иванов Н.А., Красников И.А., Ленников А.С., Шабанов А.Л. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 214-217. Рус.**

Раскрыта проблематика проектирования систем технического диагностирования гидроакустических комплексов, поднят вопрос значимости стандартизации стилистики программного кода внутри подразделений, а также даны рекомендации по улучшению его восприятия.

**24.05-01.147 Конвективные режимы псевдопластической жидкости в квадратной полости при воздействии высокочастотных вибраций в условиях пониженной гравитации. Никулина С.А., Перминов А.В., Любимова Т.П. Вычислительная механика сплошных сред. 2024. 17, № 2, с. 202-218. Рус.**

Полость квадратного сечения с твердыми идеально теплопроводными границами в условиях пониженной гравитации. Полость совершает вертикальные линейно-поляризованные вибрации малой амплитуды. Задан постоянный перепад температуры между вертикальными стенками полости в направлении, перпендикулярном вибрациям и вектору силы тяжести. Реология жидкости описывается моделью Уильямсона. Задача решается на основе осредненных уравнений термовибрационной конвекции для нелинейно-вязких жидкостей. Интенсивность вибрационного воздействия определяется параметром, который пропорционален отношению амплитуды вибрационного ускорения к ускорению свободного падения и не зависит от перепада температуры. У задачи обнаружены два типа решений, которые названы авторами ньютоновской и неньютоновской модами. Моды отвечают разным конвективным структурам, для которых получены зависимости максимума функции тока и числа Нуссельта от числа Грасгофа. С помощью этих зависимостей при различных значениях реологических параметров установлены пороговые значения чисел Грасгофа, согласующиеся со сменой режимов стационарной осредненной конвекции, и критические числа Грасгофа, соответствующие потере устойчивости стационарного осредненного течения и возникновению у осредненной конвекции колебательного режима. Изучены структуры режимов осредненной стационарной и колебательной конвекции. Для ньютоновской моды выявлено, что при малых значениях чисел Грасгофа в полости реализуется медленное одновихревое стационарное конвективное течение, которое при увеличении числа Грасгофа трансформируется в трехвихревое. С ростом числа Грасгофа течение переходит в четырехвихревое, которое далее вновь преобразуется в трехвихревое. При еще большем числе Грасгофа стационарное осредненное движение становится неустойчивым, и в полости возникают колебательные режимы. При неньютоновской моде наблюдается стационарное конвективное течение, колебательные

режимов не обнаружено во всем рассмотренном диапазоне чисел Грасгофа.

**24.05-01.148 Возможность фильтрации корпусной волны акустического каротажа, выполняемого в процессе бурения. Ахметсафин Р.Д. Каротажник. 2024, № 1, с. 137-142. Рус.**

Рассмотрена возможность применения преобразований Радона для фильтрации по скорости корпусной волны при акустическом каротаже в процессе бурения.

**24.05-01.149 Проверка, калибровка и испытания аппаратуры акустического каротажа в ООО НПФ "АМК Горизонт". Енижеев В.Н., Ташибулатов В.Д., Исканов Ф.Ф., Караваев А.Ю. Каротажник. 2024, № 4, с. 203-212. Рус.**

Рассмотрены устройства для калибровки и проверки автономных приборов акустического каротажа (АК) перед спуском в скважину. Показаны устройства и принцип действия акустических имитаторов среды. Приведены результаты испытания аппаратуры АК в контрольно-испытательной скважине.

**24.05-01.150 Возможности кросс-дипольного акустического каротажа при оценке характера насыщения. Абдуллин Р.Н., Разматуллина А.Р., Баженов В.В., Шумилов А.В. Каротажник. 2024, № 5, с. 24-30. Рус.**

На примере результатов интерпретации скважинных исследований показаны возможности кросс-дипольного акустического каротажа при выделении газонасыщенных пород в терригенных и карбонатных отложениях.

**24.05-01.151 Оценка качества контакта цемент—порода по данным акустического каротажа. Искандиров М.В., Паркачева О.В. Каротажник. 2024, № 5, с. 31-43. Рус.**

Приведены обзор и проверка методик оценки качества контакта цемент—порода по данным акустического каротажа. Для повышения достоверности оценки предложен способ комбинирования методик.

**24.05-01.152 Современные тенденции развития акустических методов исследований в скважинах. Карякин С.К., Белов С.В., Шумилов А.В. Каротажник. 2024, № 5, с. 136-144. Рус.**

Рассмотрены передовые методы обработки и интерпретации акустического каротажа, представленные на 65-м ежегодном симпозиуме SPWLA, которые могут быть применены для решения различных геомеханических и петрофизических задач.

**24.05-01.153 Обоснование эмпирических уравнений состояния материалов при квазистатическом деформировании в рамках понятий акустопластического эффекта. Глазов А.Л., Муратиков К.Л., Сугарев А.А. Физика твердого тела. 2024. 66, № 9, с. 1483-1486. Рус.**

Предложена модифицированная модель акустопластического эффекта. В ее рамках рассмотрены процессы упругой и пластической деформации материалов. Проанализированы условия, при которых модель приводит к широко используемым эмпирическим моделям для зависимости напряжения от деформации (модели типа Джонсона—Кука, Воса и Холломона). Выявлены особенности использования указанных эмпирических моделей. Определена связь констант, используемых в этих эмпирических моделях, с такими параметрами материала, как напряжение внутреннего трения, активационный объем дефектов, время их релаксации и их равновесная концентрация, а также с параметром, характеризующим степень взаимодействия дефектов. Ключевые слова: деформация, механические напряжения, полукристаллические структуры, активационный механизм, дефекты.

**24.05-01.154 Изменение фрактальной геометрии микротрещин в процессе деформирования: рентгеновская микротомография, акустическая эмиссия и моделирование методом дискретных элементов. Дамаскинская Е.Е., Гиляров В.Л., Кривоносов Ю.С., Бузмяков А.В., Асадчиков В.Е., Фролов Д.И. Физика твердого тела. 2024. 66, № 9, с. 1623-1631. Рус.**

Цель работы состояла в прямом наблюдении и дальнейшем

анализе дефектов (микротрещин), развивающихся в объеме образца природного гетерогенного материала под действием одноосной сжимающей нагрузки. Для детектирования дефектов в объеме использовалась рентгеновская компьютерная микротомография. Особенность эксперимента состоит в том, что выполнялась томографическая съемка образца, находящегося под действием нагрузки. На основе анализа томографических сечений были построены трехмерные модели дефектной структуры и вычислена фрактальная размерность системы микротрещин. С помощью модели дискретных элементов проведены численные эксперименты по разрушению образцов гетерогенных материалов. Исследовано изменение фрактальной размерности очагов разрушения в процессе их роста. Установлено хорошее согласие результатов компьютерного моделирования и лабораторных экспериментов, что позволяет говорить об адекватности предложенной модели. Ключевые слова: рентгеновская компьютерная микротомография, эволюция дефектов, компьютерное моделирование, метод дискретных элементов, акустическая эмиссия, фрактальная размерность.

**24.05-01.155** Современные возможности метода акустической эмиссии при оценке технического состояния промышленного оборудования: обзор и схемы применения. *Растегаев И.А., Растегаева И.И., Мерсон Д.Л., Иванов В.И. Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 9, с. 4-23. Рус.*

Проведена систематизация и обобщение литературных данных по возможным направлениям применения метода акустической эмиссии (АЭ) для неразрушающего контроля, оценки поврежденности и технического состояния промышленного оборудования. Предложена классификация метода акустической эмиссии по основным одиннадцати направлениям его применения в промышленности: в настоящее время и ближайшей перспективе. Известные описания методических и алгоритмических решений сведены к одной или нескольким обобщающим схемам реализации метода по каждому из установленных направлений его применения. Описаны реализованные и потенциальные возможности метода АЭ, а также установлены преимущества и ограничения, которые необходимо учитывать при решении производственных задач. Ключевые слова: неразрушающий контроль, техническое диагностирование, акустическая эмиссия, схемы применения.

**24.05-01.156** Исследование возможности диагностики напряжений композитных конструкций на основе данных контроля деформации и акустической эмиссии интегрированными волоконно-оптическими датчиками. *Федотов М.Ю., Бабин С.А., Будадин О.Н., Козельская С.О. Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 9, с. 24-35. Рус.*

Представлены результаты теоретических исследований и разработана математическая модель непрерывного оптического неразрушающего контроля напряжений, возникающих в конструкциях из полимерных композитных материалов при статических нагрузках на растяжение и сжатие, с помощью встроенных точечных волоконно-оптических датчиков деформации на основе волоконных брэгговских решеток и акустической эмиссии на базе интерферометра Фабри—Перо. Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено, что предложенная модель с учетом принятых допущений устанавливает функциональную связь между интенсивностью освобождения энергии в процессе нагружения композитной конструкции и действующими значениями деформаций и напряжений. С использованием предложенной математической модели разработаны методики непрерывного оптического контроля напряжений и импульсов акустической эмиссии, возникающих в монолитных элементах конструкций из углепластика, изготавливаемых автоклавным методом формирования, при статическом нагружении на растяжение и сжатие. Ключевые слова: непрерывный оптический неразрушающий контроль, полимерный композитный материал, точечный волоконно-оптический датчик деформации, волоконная брэгговская решетка, метод акустической эмиссии, волоконно-оптический датчик акустической эмиссии, математическая модель оптического контроля напряжений, методика контроля, растяжение, сжатие.

**24.05-01.157** Акустико-эмиссионный контроль де-

фектообразования в процессе аддитивного производства металлических изделий. *Лобастов М.М., Кузванов Д.О., Кинжагулов И.Ю., Конышова К.А. Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 9, с. 36-45. Рус.*

Представлены результаты экспериментальной оценки применимости метода акустической эмиссии для контроля дефектообразования в процессе прямого лазерного выращивания металлических изделий. Приведены акустико-эмиссионные образцы формирования образцов из жаропрочного сплава ЭП 648 методом прямого лазерного выращивания при различных технологических режимах. По результатам анализа параметров сигналов акустической эмиссии сформированы их характерные паттерны распределения при выращивании бездефектных образцов и образцов с дефектами типа трещин. Ключевые слова: акустическая эмиссия, аддитивное производство, металлические изделия, прямое лазерное выращивание, дефектообразование, неразрушающий контроль.

**24.05-01.158** Частотно-детерминационный метод определения типа и эквивалентного размера несплошности при ультразвуковом контроле. *Киреев А.Н., Киреева М.А., Внучков В. Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 9, с. 58-67. Рус.*

Рассмотрен частотно-детерминационный метод определения типа и эквивалентного размера несплошности при ручном ультразвуковом контроле деталей машин и агрегатов. Метод является комплексным, включающим двухчастотный метод определения типа несплошности и метод безэталонного определения эквивалентного размера несплошности. Для автоматизации расчетов предложенного метода разработан алгоритм и на его основе программа NDTRT-27. Экспериментальные исследования показали работоспособность предложенного метода. Ключевые слова: диагностирование, неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, эхоимпульсный метод, дефектометрия, частотно-детерминационный метод, пьезоэлектрический преобразователь, дефект, несплошность, тип несплошности, эквивалентный размер.

См. также **24.05-01.31, 24.05-01.46, 24.05-01.47, 24.05-01.48, 24.05-01.71, 24.05-01.96, 24.05-01.97, 24.05-01.128, 24.05-01.130, 24.05-01.134**

## Акустическая диагностика и неразрушающий контроль

**24.05-01.159** О необходимости внедрения системы логирования в автоматизированные системы технического диагностирования. *Бабенко В.В., Красников И.А., Ленишков А.С., Андронов А.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидродинамики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 20-23. Рус.*

Рассматриваются обоснования внедрения системы логирования, преимущества и недостатки ее разработки, а также вопрос технического диагностирования в части встроенной системы логирования.

**24.05-01.160** Влияние ударной обработки в разных частотных диапазонах на эволюцию структурно-фазового состояния поверхности перлитной стали. *Воронцов А.В., Утяганова В.Р., Зыкова А.П. Известия вузов. Физика. 2024. 67, № 6, с. 32-38. Рус.*

Изучено влияние низкочастотной и высокочастотной ударной обработки на структурно-фазовое состояние поверхности перлитной стали. Установлено, что при обоих подходах на поверхности перлитной стали образуется слой деформированного материала с повышенной твердостью. Показано, что высокочастотное ударное воздействие по поверхности перлитной стали индуцирует образование дополнительного слоя, состоящего из TiO<sub>2</sub>. Твердость слоя из диоксида титана составляет ~1000 HV, что в 2 раза превышает твердость перлитной стали в исходном состоянии. После низкочастотной и высокочастотной обработки поверхности перлитной стали твердость увеличилась на 56 и

25% соответственно. Анализ результатов проведенного скретч-тестирования показал уменьшение коэффициента трения в наибольшей степени для образцов после высокочастотного ударного воздействия.

**24.05-01.161 Способы подключения микроакселерометра на поверхностных акустических волнах с концентрической формой электродов.** Сорвина М.А., Кукаев А.С. *Известия вузов России. Радиоэлектроника*. 2024. 27, № 4, с. 81-90. Рус.

Введение. В современном мире датчики ускорения востребованы в сферах от пользовательской электроники до космической техники. Микроакселерометры обладают достоинствами в виде компактных габаритов, малой массы, простоты интеграции с другими компонентами. Наиболее распространены акселерометры на микроэлектромеханических системах. Однако, ввиду хрупкости упругих подвесов, они обладают низкой ударопрочностью, что не позволяет применять их на высокодинамичных объектах, обладающих ускорениями до 50 000 g. Авторами предлагается использовать микроакселерометры на поверхностных акустических волнах, представляющие собой твердотельные монолитные конструкции, способные выдерживать высокие ударные нагрузки. В предыдущих работах была предложена концепция концентрической формы электродов, обладающей более высокой энергоэффективностью по сравнению с линейными конструкциями. Тем не менее, такую форму сложно подключить к электрической схеме, так как нет возможности подвести шины напрямую. Поэтому в данной статье описываются и моделируются 5 альтернативных методов подключения чувствительного элемента. Цель работы. Выбрать оптимальный с точки зрения сохранения целостности электродов и минимального влияния на распространение поверхностных акустических волн способ подключения чувствительного элемента микроакселерометра. Материалы и методы. Моделирование методом конечных элементов в программе Comsol Multiphysics. Результаты. Предложены и проанализированы 5 способов подключения: навесной монтаж; удаление сектора электродов; заливка металлом отверстий в электродах и подложке; протягивание проводов через отверстия в подложке; выведение контактных шин по боковой грани. Проведено компьютерное моделирование. Представлены графики амплитудно-частотной характеристики. Заключение. Из рассмотренных способов подключения чувствительного элемента наиболее целесообразным представляется метод № 3 с отверстиями в электродах и выведением контактов на нижнюю сторону подложки, так как график амплитудно-частотной характеристики практически совпадает с характеристикой датчика без подключений (образцового). Направление будущих исследований — создание опытного образца и проведение с ним испытаний в лабораторных условиях.

**24.05-01.162 Ультразвуковой контроль объектов атомной энергетики. Нормативные и методические документы.** Ушаков В.М. *Контроль. Диагностика*. 2024. 27, № 10, с. 24-40. Рус.

Дано краткое описание развития и становления ультразвукового контроля в части нормативных и методических документов в атомной энергетике: известно его применение с середины 60-х гг. прошлого столетия. Ультразвуковой метод как часть неразрушающего контроля является обязательным на всех стадиях жизненного цикла атомных энергетических установок (АЭУ): при изготовлении, монтаже, эксплуатации, ремонте, реконструкции и модернизации. Требования к нему заложены в правилах и нормах атомной энергетики, государственных стандартах, конструкторской документации. В рамках действующей в России системы оценки соответствия в области использования атомной энергии (оценки соответствия в форме контроля) ультразвуковому контролю подвергают основные материалы (поковки, штамповки, листы, трубы, литые заготовки) и сварные соединения оборудования и трубопроводов АЭУ. Представлен анализ пунктов нормативных и методи-

ческих документов, вызывающих неоднозначное или спорное толкование. Особое внимание уделено процедурам подготовки, в частности изготовлению настроечных образцов, настройке приборов, выполнению контроля, и оценке качества металла по результатам контроля. Даны соответствующие комментарии и рекомендации в целях полного выполнения требований документов с учетом отмеченных особенностей. Ключевые слова: атомная энергетика, нормативные и методические документы, ультразвуковой контроль, основной металл, сварные соединения.

См. также **24.05-01.28, 24.05-01.71, 24.05-01.136, 24.05-01.137, 24.05-01.138, 24.05-01.139, 24.05-01.140, 24.05-01.143, 24.05-01.146, 24.05-01.147, 24.05-01.148, 24.05-01.149, 24.05-01.150, 24.05-01.151, 24.05-01.152, 24.05-01.153, 24.05-01.154, 24.05-01.155, 24.05-01.156, 24.05-01.157, 24.05-01.158**

## Акустические технологии в промышленности

**24.05-01.163 Анализ течений при лазерно-акустической обработке нержавеющей стали AISI 316L.** Никифоров С.А., Шварц И.В., Гильмутдинов А.Х., Горюнов А.И. *Вычислительная механика сплошных сред*. 2024. 17, № 2, с. 133-142. Рус.

Изучается влияние ультразвуковых колебаний на течение расплавленного металла при его лазерной обработке. Данная задача представляет интерес с позиций модернизации существующих технологических процессов, таких как лазерная сварка и наплавка, для получения структур с улучшенными физико-механическими свойствами. Введение дополнительного ультразвукового воздействия в ванну с расплавом интенсифицирует течение металла путем принудительного перемешивания для его гомогенизации (выравнивания состава), что и приводит к повышению механических свойств за счет увеличения числа центров кристаллизации при затвердевании. Для лучшего понимания такого комбинированного процесса и управления им предложен способ, заключающийся в синтезе прочностного и гидродинамического решателей программного комплекса ANSYS. Настройка связи между соответствующими модулями ANSYS — Transient Structural и CFX, осуществляется через дополнительный модуль ANSYS System Coupling. При таком подходе к реализации задачи становятся возможными расчет смещений на границе твердого металла и их передача на границу жидкого металла и обратно в каждый момент времени. Воздействие лазерного излучения на жидкий металл рассматривается с учетом конвекции Марангони, конвективной и радиационной теплоотдачи. Результаты численных экспериментов позволяют провести качественное и количественное сравнение характеристик сформированных течений жидкой нержавеющей стали AISI 316L как без воздействия ультразвуковых колебаний, так и в их присутствии. Показано, что интенсификация и торможение течений наблюдаются при средних значениях амплитуды ультразвукового воздействия. Данный факт соотносится с моментами времени, когда деформированная поверхность металла в ванне совершает движения вниз-вверх. Выполнено аналитическое сравнение максимальных скоростей на оси ванны расплава. Отмечено отсутствие реакции расплавленного металла на ультразвуковое воздействие при максимальных значениях амплитуды колебаний, которые отвечают максимальным смещениям и деформации поверхности на границе жидкого и твердого металла.

См. также **24.05-01.95, 24.05-01.156, 24.05-01.157, 24.05-01.162**

## Акустическая метрология и калибровка

См. **24.05-01.46, 24.05-01.162**

## Акустика в инженерном деле

**24.05-01.164** Требования эргономики к переносным пультовым приборам гражданского назначения: анализ и опыт применения нормативной базы. *Блинов В.С., Блинова Е.Ю., Емельяненко А.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 129-131. Рус.

Представлены результаты анализа и предложения по применению нормативной базы эргономических требований к проектированию переносных пультовых приборов гражданского назначения.

**24.05-01.165** Результаты разработки ключевого инвертора для управления асинхронным двигателем в спускоподъемном устройстве гидрометеорологической донной станции. *Корельский Н.А., Филиппов М.М. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 151-153. Рус.

Рассмотрены результаты разработки трехфазного ключевого инвертора переменного тока с динамическим управлением по частоте вращения и напряжению питания асинхронного двигателя.

**24.05-01.166** Применение нержавеющей стали в конструкциях забортной части аппаратуры ГАС по условиям коррозионной стойкости. *Костина А.О., Голванова М.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 154-158. Рус.

Исследованы методы оценки коррозионной стойкости нержавеющей стали для забортной части аппаратуры ГАС. Рассмотрено понятие индексов питтинговости PREN, MARC. Выполнены расчеты индексов питтинговости для сталей с различными химическими составами, в том числе для стали 12X18H10T. Выполнена сравнительная оценка коррозионной стойкости стали 12X18H10T по отношению к современным сплавам. Выполнен расчет толщины корпуса с учетом коррозионного износа на примере забортной части ГАС. Предложен теоретический подход к выбору нержавеющей стали для условий эксплуатации в морской воде.

**24.05-01.167** Вопросы настройки и регулировки цифровых (программируемых) и цифро-аналоговых электронных приборов ГАК и ГАС на этапе освоения производства новых изделий при серийном производстве и ремонте, методы и пути их решения. *Лебедев Д.В., Бабанов О.Е., Воронцов Д.С. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 159-162. Рус.

Освещаются проблемы, возникающие на АО «Северный Рейд» на этапах освоения производства и изготовления как на вновь разрабатываемых, так и на освоенных изделиях, в конструкцию и схемотехнику которых на этапе изготовления вносятся изменения.

**24.05-01.168** Методы сбора технологической информации в условиях современных высокотехнологичных производств. *Мажайцев Е.А., Садырова А.К., Семёнова Е.Г. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 163-165. Рус.

Рассматриваются вопросы использования методов сбора технологической информации за счет формирования статистик отказов оборудования по результатам диагностических меропр-

ятий, что позволит увеличить объем необходимой информации для принятия точных решений по обслуживанию технологического оборудования.

**24.05-01.169** Метод измерений модуля упругости при растяжении полимерных материалов для расчетов прочностных акустических характеристик гидроакустических приборов. *Парамонова А.И., Шабанов В.А., Коробов Н.П. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 170-174. Рус.

Рассматривается метод измерения модуля упругости полимерных материалов при продольном растяжении для расчетов прочностных и акустических характеристик гидроакустических приборов. Метод отличается высокой точностью и воспроизводимостью измеренных значений при применении стандартного испытательного оборудования.

**24.05-01.170** Построение базы данных антропометрических параметров человека для проектирования эргономичной конструкции. *Рылов И.Ю. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 177-181. Рус.

Представлены результаты построения базы данных антропометрических параметров человека, критерии подбора данных, принципы и правила учета данных при расчете эргономичной конструкции.

**24.05-01.171** Методы ИК-Фурье спектроскопии для качественного и количественного анализа полимерных материалов, применяемых в гидроакустических приборах. *Смирнова О.В., Шабанов В.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 181-184. Рус.

Рассмотрены методы ИК-Фурье спектроскопии, которые позволяют быстро провести идентификацию полимерных материалов, применяемых в гидроакустических приборах при их входном контроле. Также рассмотрены методы количественного анализа характеристик компонентов полимерных материалов, определяющих их качество.

**24.05-01.172** Результаты испытаний системы позиционирования с ультракороткой базой на Ладожском испытательном полигоне. *Андросов А.В. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 193-195. Рус.

Рассматриваются методика и условия проведения испытаний. Приводится анализ полученных результатов.

**24.05-01.173** Повышение точности позиционирования в гидроакустических системах с ультракороткой базой. *Богданов И.Ш. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 196-199. Рус.

Рассмотрены методы, повышающие точность результатов пеленгования в системе позиционирования с ультракороткой базой. Проведена оценка эффективности использования широкополосных сигналов для передачи информации, необходимой для повышения достоверности определения местоположения.

**24.05-01.174** Ключевые нормализаторы электропитания генераторных устройств гидроакустических передающих тракторов. *Букалов А.А., Гаврилов В.А. Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустики. Сборник докладов*

научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года. СПб. 2024, с. 202-206. Рус.

Обоснована необходимость применения ключевых нормализаторов напряжения силового электропитания мощных генераторных устройств гидроакустических передающих трактов. Рассмотрены особенности применения повышающих и понижающих преобразователей выпрямленного линейного напряжения с ограничением и нормализацией фазных токов потребления.

**24.05-01.175 Перспективы применения программируемых дискретно-аналоговых микросхем при проектировании тракта аппаратуры предварительной обработки.** Каёв А.А., Ваганов А.В. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 221-225. Рус.

Рассматривается возможность применения микросхем ФРАА и дрASP в тракте аппаратуры предварительной обработки. Производится исследование и анализ реализаций отдельных базовых элементов тракта на данных микросхемах. Приводятся рекомендации для практического применения полученных результатов. Произведена разработка и отладка автоматической регулировки усиления на базе программируемых аналоговых интегральных схем от Analog.

**24.05-01.176 Импульсный стабилизатор напряжения бесперебойного источника питания.** Козырев Н.А. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 226-229. Рус.

Рассмотрен четырёхканальный повышающий преобразователь с широтно-импульсной модуляцией в качестве бесперебойного источника питания, исследованы его характеристики в сравнении с одноканальным исполнением и предложены меры по дальнейшему увеличению эффективности преобразования.

**24.05-01.177 Синхронизация DC/DC преобразователя частотой дискретизации.** Кологрив К.А., Румянцев Н.А., Горлин А.В. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 233-236. Рус.

Анализируется принцип работы схемы синхронизации DC/DC преобразователя частотой дискретизации. Для обеспечения стабильности предлагается использование схемы фазовой автоподстройки частоты. Анализ происходит в системе автоматизированного проектирования Micro-Cap.

**24.05-01.178 Расчет величины фазовой модуляции тактовой частоты дельта-сигма аналого-цифрового преобразователя при синхронизации контуром фазовой автоподстройки частоты.** Коцеева М.А., Горлин А.В., Смирнов А.О. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 237-240. Рус.

Изложена методика расчета величины отклонения фазы тактовой частоты от номинального значения в контурах фазовой автоподстройки частоты, созданных для синхронизации дельта-сигма аналого-цифрового преобразователя.

**24.05-01.179 Исследование методов трансформаторного сложения мощностей в усилителе с многоканальной широтно-импульсной модуляцией.** Останин Д.В., Заика В.В., Пичевский Л.М. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 255-257. Рус.

Проводится оценка эффективности способов сложения сигнала

лов с выходов каналов усиления: сложение выходных напряжений каналов ключевого усилителя мощности (КУМ) со звеном фильтрации в первичной обмотке трансформатора и сложение выходных напряжений каналов КУМ со звеном фильтрации во вторичной обмотке трансформатора. Представлены результаты имитационного моделирования влияния параметров трансформатора на энергетическую эффективность устройства, а также экспериментальной проверки двух способов сложения каналов усиления.

**24.05-01.180 Голографический детектор частиц.** Полетаев Д.А., Соколенко В.В., Леус М.В. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 263-265. Рус.

Предложен метод для экспрессного детектирования взвешенных частиц. Проанализированы его возможности. Проведена оценка минимального размера обнаруживаемой частицы для предложенной экспериментальной установки.

**24.05-01.181 Исследование устойчивости полевых транзисторов ключевых усилителей мощности гидроакустических излучающих трактов к режиму сверхвысокочастотного возбуждения.** Прокофьева А.Д., Казаков Ю.В. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 270-273. Рус.

Представлены результаты исследований динамических процессов в схемах ключевых усилителей мощности (КУМ) широкополосных гидроакустических передающих трактов. Созданы модели современных карбид-кремниевых полевых транзисторов в составе КУМ, даны рекомендации по устранению критических режимов сверхвысокочастотного возбуждения на частотах, более чем на два порядка превышающих частоту импульсной модуляции.

**24.05-01.182 Подавление джиттера контурами фазовой автоподстройки частоты в системах синхронизации SAR-аналого-цифровых преобразователей.** Степанова Е.Е., Горлин А.В., Смирнов А.О. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 282-286. Рус.

Предлагается использовать контуры фазовой автоподстройки частоты для сглаживания джиттера сигналов дискретизации в системах синхронизации аналого-цифрового преобразования (АЦП) последовательного приближения и методику расчета подавления джиттера.

**24.05-01.183 Использование машинного обучения и нейронных сетей в области гидроакустики.** Тимкин А.К. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 286-289. Рус.

За последние несколько лет в развитии искусственного интеллекта произошел большой скачок, и теперь данный инструмент доступен для практического применения и решения широкого спектра задач. Представлены возможности применения нейронных сетей и машинного обучения в задачах гидроакустики, а также проблемы, связанные с реализацией методов искусственного интеллекта.

**24.05-01.184 Особенности реализации режима радиосвязи в необслуживаемых глубоководных аппаратах.** Филиппов М.М., Корельский Н.А. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 290-

293. Рус.

Выделены особенности реализации информационного обмена и обеспечения электропитания между гидроакустической станцией и радиомодулем подводного аппарата. Рассмотрено решение совместной передачи информации и электропитания с применением приемо-передающих модемов. Рассмотрена структура приемо-передающих модемов. Проведено моделирование модема.

**24.05-01.185 Затухание переменного магнитного поля в водных растворах электролитов естественных водоёмов.** Костин М.Ю., Ягудин А.Ф. *Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник докладов научной технической конференции молодых ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября 2023 года.* СПб. 2024, с. 314-318. Рус.

Оценивается влияние диэлектрических потерь в водных растворах электролитов в переменном магнитном поле в сравнении с влиянием электропроводности, зависящей от величины солёности и температуры электролита. Устанавливается зависимость затухания переменного магнитного поля в водных растворах электролитов от произведения электропроводности и частоты.

**24.05-01.186 Экологическое сравнение электрических и бензиновых автомобилей.** Маслеева О.В., Крюков Е.В., Петухов Я.И. *Экологические системы и приборы.* 2024, № 10, с. 43-57. Рус.

В статье приведены результаты сравнения влияния на окружающую среду электромобилей и автомобилей с двигателем внутреннего сгорания. При оценке воздействия на окружающую среду были учтены следующие факторы: потребление природных ресурсов, образование отходов, потребление воды, выбросы вредных веществ в атмосферный воздух, эмиссия парниковых газов, потребление электроэнергии. Разработана методология, которая позволяет проводить количественную оценку экологического воздействия транспортных средств на различных этапах их жизненного цикла. В результате анализа экологического воздействия транспортных средств выявлено, что на протяжении жизненного цикла электромобили наносят значительно больший вред окружающей среде по сравнению с автомобилями на бензиновом двигателе. Ключевые слова: экологическая обстановка, загрязнение окружающей среды, электрический транспорт, бензиновый автомобиль. DOI: 10.25791/esip.10.2024.1479.

**24.05-01.187 Механическая модель космического лифта.** Статика. Данилин А.Н., Денисов Е.А., Онучин Е.С., Фельдштейн В.А. *Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.* 2023, № 3, с. 19-27. Рус.

Исследуется статическое состояние космического лифта, представляющего собой платформу, удерживаемую на круговой орбите натянутым упругим тросом, в сферически симметричном поле гравитационно-центробежных сил. Для выбора рациональных массовых и орбитальных параметров системы рассмотрены два варианта троса в приближении тяжелой упругой нити — однородный трос и трос равного сопротивления. Получены соотношения между массой платформы, радиусом ее орбиты и характеристиками троса, которые обеспечивают его прочность и натяжение, необходимые для функционирования подъемника, «развозящего» выводимые спутники по их орбитам.

**24.05-01.188 Методика оптимизации атрибутно-го состава, совершенствующая элементы структуры информационно-управляющей системы.** Гейко С.А. *Гидроакустика.* 2024, № 59, с. 93-97. Рус.

В настоящее время в условиях широчайшего применения информационно-управляющих систем процессом проектирования сложных наукоемких изделий в информационных системах проектантов и изготовителей отсутствует стандартизированный набор атрибутов в записях о применяемых при проектировании комплектующих изделиях. За неимением стандартизированного набора атрибутов и уникального идентификатора записей завод-изготовитель вынужден повторно обрабатывать большие массивы информации, полученные от разных организаций — участников кооперации, использующих разрозненные информационные системы. Цель проведенного исследования — сокращение атрибутно-го состава информационно-управляющей системы для улучшения ее технических характеристик. При проведении исследования был применен метод экспертной оценки (метод ранжирования), а также математические методы проверки достоверности статистических данных. Новизна данного исследования заключается в том, что в отечественной промышленности ранее не проводилась оценка применимости атрибутов изделий в информационно-управляющих системах. Ключевые слова: информационная система, атрибут, идентификатор, экспертный метод, характеристика.

См. также 24.05-01.41, 24.05-01.48, 24.05-01.55, 24.05-01.92, 24.05-01.93, 24.05-01.94, 24.05-01.114, 24.05-01.127, 24.05-01.131, 24.05-01.144, 24.05-01.145

## Физика

**24.05-01.189 Моделирование условий режимов размыва плотины при переливе воды через её гребень.** Розов А.Л., Русина Н.Ю., Колпаков Д.А. *Мат. моделир.* 2024, 36, № 5, с. 32-40. Рус.

Работа направлена на определение критериев режимов размыва плотин при переливе потока воды через её гребень. Известно, что при натуральных катастрофах при переливе потока воды через гребень плотины наблюдается пространственный размыв плотин, когда на какой-то небольшой части гребня образуется начальный проран. Продолжающийся перелив воды приводит к размыву dna начального прорана. По достижению дном прорана основания плотины изливающийся из водохранилища поток воды начинает размывать боковые стенки прорана. Процесс размыва завершается после опорожнения водохранилища с образованием конечного прорана, составляющего только часть (часто небольшую) тела плотины. В то же время в экспериментальных исследованиях перелив потока воды через гребень плотины приводит к плоскопараллельному размыву модели плотины — равномерному размыву по всей длине напорного фронта с практически полным разрушением тела плотины. В работе исследуются причины этого различия. На основе математической модели выводятся предварительные условия реализации различных режимов размыва плотин, подтверждённые

специально проведёнными экспериментами, а также известными экспериментальными и натурными данными по разрушению плотин.

**24.05-01.190 Физическое обоснование схемы дискретизации при моделировании глубокого проплавления металлов в лазерных и родственных технологиях.** Сейдгазов Р.Д., Мирзаде Ф.Х. *Мат. моделир.* 2024, 36, № 5, с. 41-54. Рус.

Анализируется способность численных моделей адекватно воспроизводить гидродинамические процессы в режиме глубокого проплавления металлов в лазерных и электроннолучевых сварочных и родственных технологиях. Отмечается противоречивый характер выводов разных моделей об относительных вкладах термокапиллярного и абляционного механизмов в образовании глубокой каверны. Решение данной проблемы предполагает приведение расчетных результатов модели в соответствие с экспериментальными данными, согласно которым в технологических условиях основной вклад в формирование каверны вносит термокапиллярный механизм при незначительном испарении. Искажение соотношения этих вкладов является следствием неадекватного воспроизведения специфических особенностей термокапиллярного механизма в режиме глубо-

кого проплавления. Причиной является выбор шага расчетной сетки без учета реального масштаба термокапиллярного потока в режиме глубокого проплавления. Предложена методика выбора физически обоснованного пространственного и временного шага расчетной сетки. Выполнены оценки для рекомендуемой дискретизации задачи при характерных размерах пятна фокусировки, используемых в технологиях лазерной сварки и аддитивного производства селективным лазерным плавлением. Проведено сравнение рекомендуемого шага расчетной сетки с обычно применяемой дискретизацией.

**24.05-01.191** Разработка методики создания синтетических томограмм пористых сред. *Лаврухин Е.В., Мурыгин Д.А., Торопов К.В., Хлюпин А.Н., Герке К.М. Мат. моделир.* 2024. 36, № 5, с. 55-72. Рус.

Рентгеновская компьютерная томография (КТ) является одним из ключевых методов исследования внутреннего строения пористых образцов, например, пород-коллекторов нефти и газа. Для дальнейшего моделирования физических свойств пористых сред КТ-изображения необходимо предварительно сегментировать — разделить на твердую и пустотную фазы. Однако правильность сегментации невозможно проверить ввиду отсутствия данных о точном внутреннем строении материала. В настоящей работе описана разработанная методика и ПО на её основе для создания синтетических томограмм пористых сред с целью решить проблему отсутствия валидационных или тренировочных изображений сегментации. Созданный фреймворк основан на прямом и обратном преобразовании Радона. Для проверки предложенного подхода мы сравнили скорость и качество работы ключевых алгоритмов с существующими аналогами. На основе прокси-образцов, полученных сегментацией КТ-изображений, созданы синтетические изображения пористых сред из пяти фаз: пор (воздух с незначительным поглощением излучения), каолинита ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ), диоксида кремния ( $SiO_2$ ), карбоната кальция ( $CaCO_3$ ) и дисульфида железа ( $FeS_2$ ). Наблюдается хорошее соответствие получаемых синтетических данных в сравнении с оригинальными КТ-изображениями. Разработанная методика позволяет решить проблему создания размеченных данных для использования машинного обучения в задачах сегментации КТ-изображений, а также для тестирования любых других методик для сегментации КТ-изображений.

**24.05-01.192** Об эффективности применения визуальных трансформеров в обнаружении аномалий гистопатологических изображений. *Щетинин Е.Ю. Мат. моделир.* 2024. 36, № 5, с. 73-87. Рус.

Рак молочной железы является одним из наиболее распространенных и опасных видов онкологии у женщин. Современные подходы к его раннему обнаружению и лечению все чаще используют методы искусственного интеллекта и глубокого обучения. В работе исследованы гистопатологические изображения молочной железы с использованием нейронных сетей-трансформеров и глубоких нейронных сетей. В качестве моделей трансформеров использованы модели Vision Transformer (ViT), Data Efficient Image Transformer (DeiT). В качестве моделей глубоких сверточных нейронных сетей выбраны модели ResNet50, VGG16, DenseNet201, EfficientNet-B7, Xception. Все модели были предварительно обучены на наборе изображений ImageNet1k, а затем дообучены на наборе из 4356 гистопатологических изображений. В результате компьютерных экспериментов установлено, что модель EfficientNet-B7 превзошла другие модели, достигнув показателя точности 95.84%. Для повышения производительности моделей классификации гистопатологических изображений в работе применен метод дистилляции знаний, что позволило получить новую модель глубокой нейронной сети-трансформера DeiTbVdist для высокоточной классификации гистопатологических изображений и обнаружения рака молочной железы. Показатели ее точности составили 98.14% и превзошли остальные модели, а также сопоставимы с результатами работ других исследователей.

**24.05-01.193** Операторный метод расчета матричных элементов квантовой химии в базисе слейтеровских орбиталей. *Формулы для двухцентровых интегралов. Новосадов В.К. Мат. моделир.* 2024. 36, № 5, с. 88-100. Рус.

Предложен операторный метод вычисления элементов гамильтоновой матрицы квантовой химии в базисе слейтеровских атомных орбиталей и получены формулы двухцентровых интегралов от обобщенного потенциала взаимодействия частиц в виде потенциала Юкавы (одночастичного и двухчастичного). Явные зависимости полученных выражений от межатомных расстояний позволяют провести анализ матричных элементов и создать простые алгоритмы программы расчета матричных элементов квантовой химии в базисе АО слейтеровского типа.

**24.05-01.194** Перенос резонансного излучения в газовых средах с нестационарной кинетикой. *Косарев Н.И. Мат. моделир.* 2024. 36, № 5, с. 137-176. Рус.

Обзор посвящен численному моделированию переноса линейчатого излучения в газовых средах, обладающих 3D геометрией, и в условии нестационарной кинетики возбуждения и ионизации. Скоростные уравнения баланса населенностей многоуровневого атома определяются прямыми и обратными ударно-радиационными процессами. При этом вероятности вынужденных процессов фотовозбуждения в любой точке газовой среды зависят от средней по телесным углам и частоте интенсивности излучения. Эта средняя интенсивность складывается из интенсивности внешнего излучения, которое, распространяясь в среде, поглощается атомами, и собственного излучения, формируемого внутренними источниками фотонов. Математическая постановка задачи ударно-радиационной кинетики принимает вид системы интегро-дифференциальных уравнений. Вычисление трехкратного интеграла по частотной и угловым переменным проводится дискретно-разностными методами с помощью приема дискретизации объема на прицельные плоскости. В результате разработанных уникальных приемов, методов и вычислительных алгоритмов задача Коши для системы интегро-дифференциальных уравнений сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, которая затем решается численно методами Адамса и Гира. Приводятся результаты моделирования определенного класса задач кинетики фотовозбуждения и свечения газов под действием внешнего излучения. Выполненные исследования дополняют астрофизическую теорию переноса излучения, а также вносят значительный вклад в развитие спектроскопических методов диагностики излучающих газов и плазмы.

**24.05-01.195** О взаимодействии пространства-времени с материальными объектами. *Попов И.П. Инженерная физика.* 2024, № 10, с. 45-51. Рус.

Отмечено, что пространство, время и пространство-время не могут обмениваться энергией с материальными объектами. Поэтому пространство, время и пространство-время никаким образом не могут с ними взаимодействовать. Ключевые слова: пространство, время, пространство-время, энергия, материальный объект. DOI: 10.25791/infizik.10.2024.1432.

**24.05-01.196** О спиновых связностях как переменных квантования гравитации. *Арбузов А.Б., Нижитенко А.А. Ученые записки физического ф-та МГУ.* 2024, № 3, с. 2431502. Рус.

Изучается квантование конформной общей теории относительности. Спиновые связности рассматриваются как базовые переменные квантовой гравитации. Анализируются их свойства, выделяется динамическая часть. В работе также применяется тетрадный формализм и формализм Арновитта—Дезера—Мизнера. Гравитационное действие оказывается квадратичным по компонентам спиновой связности. Производится вторичное квантование гравитационного поля в терминах спиновой связности и обсуждаются дальнейшие перспективы такого подхода.

**24.05-01.197** Решение Керра—Ньюмана объединяет гравитацию с квантовой теорией. *Буринский А.Я. УФН.* 2024. 194, № 10, с. 1095-1117. Рус.

Модель электрона Керра—Ньюмана (КН), порожденного сверхвращающимся гравитационным полем чёрной дыры, модифицируется до чёрно-белой дыры, которая как поглощает, так и излучает электромагнитные волны. Следуя квантовой электродинамике, мы рассматриваем решение КН как модель голого или одетого электрона, где голый электрон образует безмассовую или релятивистскую струну, отвечающую за волновые свойства электрона как квантовой частицы, а одетый электрон

формирует тяжёлое ядро электронно-позитронного вакуума, одетое гравитационным полем КН посредством формирования электронной и позитронной петель Вильсона. В рамках формализма Керра—Шильда рассматривается класс излучающих

решений КН, которые поглощают электромагнитное поле как обычная чёрная дыра, и одновременно излучают его своей белой стороной.

См. также 24.05-01.187

## Астрономия

**24.05-01.198** Еще раз к вопросу о комплексе Таурид. *Кожирова Г.И., Джонмухаммади А.И., Латипов М.Н., Хамроев У.Х. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2024. 67, № 1-2, с. 55-60. Рус.

Кометно-астероидно-метеороидный комплекс Таурид исследуется на протяжении более 50 лет и продолжает быть предметом изучения астрономов. За это время комплекс пополнялся новыми объектами и к настоящему времени ему принадлежат более 40 астероидов, сближающихся с Землей, в действительности с высокой вероятностью, являющимися угасшими фрагментами родительской кометы комплекса Таурид. Мы систематизировали опубликованные данные и впервые приводим полные сведения обо всех членах комплекса, известных к настоящему моменту.

**24.05-01.199** Наблюдения двойного астероида (65803) Дидимос и его динамико-физические характеристики по результатам оптического обзора. *Кожирова Г.И., Буриев А.М., Сафаров С.Н. Доклады академии наук республики Таджикистан.* 2024. 67, № 3-4, с. 186-197. Рус.

В период с августа по сентябрь 2022 года на телескопе АЗТ-8 Гиссарской астрономической обсерватории (ГисАО) Института астрофизики НАНТ были проведены наблюдения астероида (65803) Дидимос. В результате астрометрического и фотометрического анализа изображений определены координаты и орбита астероида, измерен его видимый блеск в фильтрах BVRI и определен абсолютный блеск. Полученные показатели цвета соответствуют астероидам X-типа, для которых характерен металлический состав. Оценка диаметра составляет  $0.75 \pm 0.04$  км. Динамические и физические свойства по нашим наблюдениям подтверждают имеющиеся данные по астероиду Дидимос накануне его столкновения с космической миссией DART.

**24.05-01.200** Секстан со встроенным аппаратно-программным комплексом «Звездочёт». *Кемеров А.С., Матвеев А.В., Нестеров А.В., Самсонова Т.Е., Мосичкин Д.Н. Морской вестник.* 2024, № 3, с. 119-121. Рус.

Взаимодействие секстанта, оснащенного ЭЦМ, с ПК осуществляется с помощью ПО, которое выполняет расчет координат по полученным от секстанта данным.

**24.05-01.201** Голографическое описание поздней вселенной на основе обобщенной энтропии. *Тимошкин А.В. Известия вузов. Физика.* 2024. 67, № 2, с. 55-59. Рус.

Голографический принцип применяется к описанию поздней Вселенной с учетом свойства вязкости темной жидкости в пространственной метрике Фридмана—Леметра—Робертсона—Уокера. Рассматривается голографическая космология на основе функции обобщенной энтропии. Используется идея обобщенного отсечения голографической темной энергии, предложенная Ноджири и Одинцовым. Исследуются космологические модели вязкой жидкости с обобщенным уравнением состояния. В рамках этих моделей вычисляется инфракрасный радиус в терминах горизонта частиц. Получены законы сохранения энергии с голографической точки зрения. Показано, что энтропийная космология, построенная на основе функции обобщенной энтропии, эквивалентна голографической космологии, в которой голографическое отсечение определено в терминах горизонта частиц.

**24.05-01.202** Исследование полной модели космологической эволюции классического скалярного поля с Хиггсовым потенциалом. IV. Масштабные преобразования модели. *Игнатъев Ю.Г., Самигуллина А.Р. Известия вузов. Физика.* 2024. 67, № 4, с. 5-19. Рус.

Проведены исследование и численное моделирование космологической эволюции классического скалярного поля с Хиггсовым потенциалом. На основе сформулированных свойств подобия космологических моделей исследованы их основные характеристики для моделей с различными масштабами взаимодействия: планковского масштаба, масштаба Великого объединения и масштаба Стандартной модели. На основе численного интегрирования с высокой точностью доказаны свойства подобия этих моделей.

**24.05-01.203** Изображение черной дыры, освещенной параболическим экраном. *Михеева Е.В., Репин С.В., Лукаш В.Н. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 1, с. 2-11. Рус.

Предложена модель поверхности, освещающей черную дыру («параболический экран»), которая позволяет естественным способом избежать появления краевых эффектов, связанных с фотонами, движущимися вдоль плоскости освещающего черную дыру экрана. Распределение температуры вдоль радиуса соответствует распределению для релятивистского диска (диска Новикова—Торна). Показано, что структура формирующейся тени черной дыры существенно отличается от случая, когда источником фотонов является удаленный экран, поскольку в рассмотренной модели фотоны, подвергшиеся сильному гравитационному линзированию черной дыры, излучаются «обратной» стороной экрана, которая в отсутствие черной дыры не была бы видна. В приближении тонкого экрана построены изображения тени шварцшильдовской черной дыры в случаях, когда угол между осью симметрии освещающего экрана и направлением на наблюдателя составляет 5, 30, 60 и 80°. Для керровской черной дыры изображения приведены для углов 60 и 80°.

**24.05-01.204** Изменения орбитальных периодов затменно-двойных систем RW Car, BG Peg и CU Peg. *Халиуллина А.И. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 1, с. 12-24. Рус.

В затменно-двойных системах типа Алголя RW Car, BG Peg и CU Peg проведено исследование изменений орбитальных периодов. Изменения периодов RW Car и BG Peg хорошо представляются циклическими колебаниями с большой амплитудой. Показано, что эти изменения нельзя объяснить присутствием третьего тела. Они могут быть следствием магнитной активности вторичных компонентов, имеющих конвективную оболочку. Изменения периода CU Peg можно представить суперпозицией векового изменения за счет обмена веществом между компонентами и циклических изменений, которые могут происходить из-за присутствия в системе третьего тела или быть следствием магнитной активности вторичного компонента.

**24.05-01.205** Моделирование магнитосферы экзопланеты HAT-P-11b. *Беленькая Е.С., Алексеев И.И., Калегаев В.В. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 1, с. 25-33. Рус.

На основе имеющихся данных о магнитном поле звезды HAT-P-11 и ближайшей к ней экзопланеты HAT-P-11b, а также информации о звездном ветре в этой системе строится модель магнитосферного магнитного поля HAT-P-11b. Показано, как величина и ориентация межпланетного магнитного поля контролируют структуру магнитосферы. Каждый компонент магнитного поля звездного ветра создает определенный тип пересоединения с магнитосферным магнитным полем экзопланеты.

**24.05-01.206** МГД-моделирование эволюции молекулярных волокон. *Султанов И.М., Хайбрагманов С.А. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 1, с. 34-41. Рус.

С помощью кода FLASH выполнено численное магнитогазодинамическое (МГД) моделирование гравитационного коллапса и фрагментации цилиндрического молекулярного облака. В расчетах без магнитного поля облако быстро сжимается вдоль радиуса, и фрагментации не происходит. В расчетах с продольным магнитным полем коллапс волокна вдоль радиуса останавливается градиентом магнитного давления. В процессе дальнейшей эволюции на концах волокна образуются ядра с повышенной плотностью. В случаях с начальной интенсивностью магнитного поля  $B=1.9 \cdot 10^{-4}$  и  $6 \cdot 10^{-4}$  Гс концентрации газа в ядрах составляют  $\approx 1.7 \cdot 10^8$  и  $2 \cdot 10^7$   $\text{см}^{-3}$  соответственно. Ядра передвигаются к центру со сверхзвуковыми скоростями  $|v_z|$  3.6 и 5.3 км/с, их размеры вдоль радиуса и оси волокна составляют соответственно  $d_r=0.0075$  пк и  $d_z=0.025$  пк,  $d_r=0.03$  пк и  $d_z=0.025$  пк. Масса ядер увеличивается в процессе эволюции волокна и лежит в диапазоне — (10–20) $M_\odot$ . Согласно полученным результатам, ядра, наблюдаемые на концах молекулярных волокон, могут быть естественным результатом эволюции волокон с продольным магнитным полем.

**24.05-01.207 Яркость фона неба Кавказской горной обсерватории МГУ в ближнем инфракрасном диапазоне.** Татарников А.М., Желтоухов С.Г., Никитин Г.Э., Тарасенков А.Н., Шаронова А.В. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 1, с. 42-55. Рус.

Проанализированы результаты измерений яркости фона в ближнем инфракрасном диапазоне (полосы J, H, K), проведенных в 2016–2023 гг. в Кавказской горной обсерватории МГУ. Показано, что инструментальный фон, связанный с тепловым излучением телескопа, заметен только в полосе K, и при рабочих температурах его вклад в основном определяет уровень общего фона в этой полосе. Представлены коэффициенты полинома, учитывающего вклад инструментального и атмосферного фонов. Показано, что яркость фона неба не зависит от температуры воздуха, но наблюдается слабая зависимость от содержания водяного пара, близкая к ожидаемой из модельных расчетов: в полосах J и H яркость фона падает со скоростью  $\approx 1\%/1$  мм, а в полосе K растет со скоростью  $\approx 2.5\%/1$  мм. Сделана оценка максимальной амплитуды переменности яркости фона на коротких временных масштабах ( $\sim 30$  минут):  $-10\%$  в полосах J и K и  $\approx 30\%$  в полосе H. Определен максимальный вклад рассеянного в атмосфере излучения Луны в общий уровень фона. Показано, что этот вклад при угловом расстоянии точки наблюдения от Луны, большем  $\sim 10^\circ$ , даже во время полнолуния можно не учитывать. Вычислена средняя поверхностная яркость фона  $\text{mag}/\text{arcsec}^2$  в полосах J, H и K:  $m_J=15.7$ ,  $m_H=13.9$  и  $m_K=13.1$ .

**24.05-01.208 Правило Гневышева—Оля: современный статус.** Наговицын Ю.А., Осипова А.А., Иванов В.Г. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 1, с. 56-64. Рус.

Проведено статистическое исследование утверждений, содержащихся в Правиле Гневышева—Оля (ПГО) и в некоторых его толкованиях. Показано, что ПГО в его оригинальной формулировке для индекса суммарной активности за 11-летний цикл SW, фиксирующее тесную связь в паре четный-последующий нечетный цикл (ЧН) и ее отсутствие в противоположной паре (НЧ), строго выполняется для современных наблюдательных данных — версии 2.0 чисел пятен (чисел Вольфа) — при уровне значимости  $\alpha=0.01$ . При этом за четным 11-летним циклом следует нечетный с большим SW. Для амплитуд циклов ПГО существует лишь как тенденция, и различие зависимостей пар циклов ЧН и НЧ статистически незначимо. Статистически не подтверждается также чередование величины циклов как для параметра SW, так и для амплитуд. Получено, что различные аспекты ПГО статистически лучше выполняются для новой версии 2.0 относительных чисел пятен — чисел Вольфа, что говорит в пользу ее дальнейшего использования для исследований в солнечной физике.

**24.05-01.209 Профили и некоторые динамические параметры слоисто-неоднородной эллиптической галактики.** Гасанов С.А. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 2, с. 77-91. Рус.

Рассмотрены несколько новых моделей слоисто-неоднородной

эллиптической галактики (ЭГ), имеющей форму либо трехосного эллипсоида, либо сжатого или вытянутого сфероида, и состоящей из барионной массы (БМ) и темной материи (ТМ) с разными законами распределения плотности — профилями. На основе этих моделей определены некоторые ключевые динамические параметры ЭГ: гравитационная (потенциальная) энергия и кинетическая энергия вращения, суммарная поверхностная яркость, полная светимость, а также дисперсия скоростей в зависимости от расстояния до центра ЭГ. Установлены соотношения между важными динамическими параметрами галактики: “масса—размеры”, “масса—дисперсия скоростей”, “размер—дисперсия скоростей—светимость” (поверхностная яркость). Исследованы эволюционные сценарии образования ЭГ согласно этим моделям. Полученные результаты применены к шестидесяти модельным ЭГ с параметрами, точно совпадающими с реально существующими, и приведены в виде таблиц.

**24.05-01.210 Неразрешенные двойные системы с белыми карликами в рассеянных звездных скоплениях.** Мишневич В.О., Селезнев А.Ф. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 2, с. 92-100. Рус.

Для девяти рассеянных скоплений исследовано возможное расположение на фотометрической диаграмме неразрешенных двойных систем, одним из компонентов которых является белый карлик (БК), а другим — звезда главной последовательности (ГП). Такие системы располагаются ниже и левее ГП. Количество звезд скопления, вероятно, проэволюционировавших в белые карлики, сравнивается с количеством кандидатов в неразрешенные двойные системы с БК. Показано, что количество вероятных членов скопления, лежащих под главной последовательностью, в основном меньше, чем ожидаемое количество белых карликов. Наблюдения в ультрафиолетовом диапазоне позволяют обнаруживать БК и неразрешенные двойные системы БК+ГП увереннее, чем при наблюдениях в видимом диапазоне.

**24.05-01.211 Вращение линии апсид в затменной системе V1059 Сер.** Козырева В.С., Хамракулов Ф.Б., Буржонов О.А., Богомазов А.И., Сатовский В.Л. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 2, с. 101-110. Рус.

Анализ трех кривых блеска затменной переменной звезды V1059 Сер, полученных в 2012, 2013 и 2021 гг., позволил найти быстрое движение линии апсид в этой системе со скоростью  $dw/dt=7.2^\circ/\text{год}$ . Предполагая равенство наблюдаемой и теоретической скоростей вращения орбиты, на основании данных из литературы о температуре компонентов системы мы оценили их физические характеристики: это две очень похожие звезды спектрального класса B7 V—B7.5 V с массами  $\approx (3.4 \pm 0.3)M_\odot$  и возрастом  $180 \pm 30$  млн лет.

**24.05-01.212 Исследование быстрой переменности карликовой новой SS Cyg при разных уровнях блеска.** Хрузина Т.С., Волошина И.Б., Метлов В.Г. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 2, с. 111-136. Рус.

Выполнены наблюдения карликовой новой SS Cyg в период 2019–2021 гг. при разных значениях блеска ( $V \sim 10-12^m$ ) как на стадии падения потока излучения после максимума вспышки, так и в спокойном состоянии между вспышками в фильтрах  $R_c$  ( $\sim 8650$  наблюдений, 3 сета), и V ( $\sim 50\,000$  точек, 22 сета). Значение орбитального периода системы в современную эпоху ( $P_{orb} = 0.27408(2)^d$ ), использованное в данном исследовании, меньше на 0.4% по сравнению с тем значением, что было получено более четверти века назад (1983–1996 гг.). Временное разрешение между двумя последовательными измерениями составило 6–14 с в зависимости от используемой аппаратуры. Обширная база новых наблюдательных данных позволила провести количественный анализ наблюдений и сделать выводы относительно характеристик аккреционных структур в различные моменты вспышечного цикла системы. Анализ данных после учета орбитальной переменности и иных трендов, связанных с изменением потока излучения системы за ночь, показал присутствие циклических колебаний блеска, обычно 4–10 событий за орбитальный цикл — мерцания блеска или фликкеринг. Для большинства рядов наблюдений методом Лафлера—Кинмана определено такое значение периода колебаний, при котором свертка наблюдений с ним показывала одиночную волну. Полученные

значения характерных времен фликкеринга и их амплитуд показывают зависимость от среднего уровня блеска системы: с ростом светимости обе эти величины уменьшались. Из соотношений размеров компонентов SS Cyg было показано, что источник фликкеринга расположен в районе взаимодействия газового потока с околодисковым гало: только эта область в системе SS Cyg с параметрами ( $q$ ,  $i$ ,  $Rd$ ), определенными авторами ранее, может затмеваться при больших радиусах диска и хорошо видна во всех остальных орбитальных фазах системы.

**24.05-01.213 Распределение холодных пятен на поверхности красного карлика V647 Her.** *Бондарь Н.И., Антонюк К.А., Пить Н.В., Алексеев И.Ю. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 2, с. 137-143. Рус.

Представлен анализ фотометрических наблюдений звезды V647 Her (M3.5V), проведенных в 2022 г. на 1.25 м телескопе Крымской астрофизической обсерватории. Подтверждено присутствие малоамплитудной переменности блеска звезды с периодом 20.69 дней, обнаруженного по наблюдениям 2019 г., показано, что с понижением блеска звезда становится более красной. Наблюдаемый характер фотометрической переменности обусловлен присутствием холодных пятен на поверхности звезды и проявлением вращательной модуляции блеска с полной амплитудой не более  $0.05^m$ . Выполнено сравнение результатов фотометрии 2019 г., 2022 г. и 2004 г. По фазовым кривым определены зоны концентрации пятен в разные эпохи. Распределение пятен сохраняется в течение 40–100 дней. В рамках зональной модели получены оценки параметров пятен. Температура пятен 2700–2800 К, занимаемая ими площадь в 2004 г. составляла 15% от полной площади поверхности звезды, в 2019 г. и 2022 г. — возросла до 30%, различие между запятненностью полушарий вследствие сезонного перераспределения пятен составляет менее 2%.

**24.05-01.214 Тонкая частотная структура межзвездных мерцаний радиоизлучения пульсара B1133+16 на частоте 111 МГц.** *Попов М.В., Смирнова Т.В. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 2, с. 144-158. Рус.

Пульсар B1133+16 наблюдался на частоте 111 МГц на радиотелескопе БСА ПРАО ФИАН с октября 2022 г. по март 2023 г. Наблюдения проводились дважды в неделю в два последовательных дня. Всего было проведено 38 измерений параметров мерцаний с высоким частотным разрешением (до 65 Гц). Использовалась непрерывная запись сигнала в полосе частот 2.5 МГц. Сигнал был восстановлен методом когерентной дедисперсии. Проведен анализ динамических спектров пульсара с использованием двумерной автокорреляционной функции (2DACF). Исследовалась тонкая частотная структура мерцаний пульсара как по анализу временных  $x$  и частотных сечений 2DACF динамических спектров, так и по спектрам отдельных импульсов. Из анализа частотных сечений двумерной автокорреляционной функции было показано, что истинный вид дифракционных частотных искажений в среднем может быть представлен обобщенной экспоненциальной функцией с характерной шириной частот 1.2 кГц и показателем 0.57. Сравнение параметров мерцаний отдельно для двух компонентов среднего профиля показало, что они одинаковы для обоих компонентов.

**24.05-01.215 Адиабатный спектр радиоизлучения облаков плазмы, выбрасываемых Солнцем во время солнечных вспышек, и неоднородности спектра радиоизлучения облаков.** *Дравских А.Ф., Дравских Ю.А. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 2, с. 159-164. Рус.

В области солнечных пятен систематически возникают так называемые солнечные вспышки. Они сопровождаются излучениями практически во всех диапазонах частот и иногда — выбросом горячей плазмы. Наблюдения на радиотелескопе РАТАН-600 показали, что спектр радиоизлучения облаков плазмы, нагретых до значений порядка  $10^6$  К, извергаемых из области солнечной вспышки, оказался адиабатным. Высокая корреляция неоднородностей спектров радиоизлучения активного образования над группой солнечных пятен указывает на устойчивое наличие рекомбинационных радиолний в излучении активного образования. Однако спектры радиоизлучения облаков горячей плазмы, выбрасываемых из области солнечных вспышек, происходящих в этой группе пятен, никакой кор-

реляции не показывают.

**24.05-01.216 Прогнозирование геомагнитных бурь, связанных с межпланетными корональными выбросами массы.** *Родькин Д.Г., Слемзин В.А. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 2, с. 165-173. Рус.

Геомагнитные бури оказывают значительное влияние на работоспособность технических систем как в космосе, так и на Земле. Источниками сильных геомагнитных бурь чаще всего являются межпланетные корональные выбросы массы (МКВМ), порождаемые корональными выбросами массы (КВМ) в солнечной короне. Прогноз МКВМ основан на регулярных оптических наблюдениях Солнца, которые позволяют обнаружить КВМ на стадии формирования. Известно, что интенсивность геомагнитных бурь коррелирует с величиной южной компоненты магнитного поля ( $B_z$ ) МКВМ. Однако при оперативном прогнозе произвольного КВМ заранее предсказать знак и величину  $B_z$  по солнечным наблюдениям пока не удается. В этих условиях предварительный прогноз вероятности развития бури может быть получен в предположении, что сила бури связана с величиной магнитного потока из области эрупции, наблюдаемой как димминг. В данной работе на серии из 37 эруптивных событий 2011–2012 гг. рассматривается связь интегрального магнитного потока из области диммингов с вероятностью того, что КВМ, ассоциированные с ними, вызовут геомагнитные бури. Показано, что наблюдается общий тренд на увеличение геоэффективности МКВМ с повышением величины магнитного потока из области диммингов. Продемонстрировано, что частота наблюдения умеренных и сильных бурь повышается в случаях комплексных событий, связанных с взаимодействием КВМ с другими потоками солнечного ветра в гелиосфере.

**24.05-01.217 Линейная поляризация линии гелия D<sub>3</sub> ускоренными протонами в хромосфере Солнца.** *Шапченко М.Б., Богачев С.А. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 2, с. 174-182. Рус.

Теоретически исследована величина ударной линейной поляризации линии гелия D<sub>3</sub> в хромосфере Солнца при воздействии на хромосферу ускоренных во вспышках протонов. Рассчитана зависимость энергетического распределения протонов от пройденного внутри хромосферы расстояния. Теоретически определено отношение концентраций нетепловых протонов и тепловых электронов на разной глубине. Из расчета степени линейной поляризации линии гелия D<sub>3</sub> для различных слоев хромосферы определена область вероятного формирования линии.

**24.05-01.218 Поляриметрический мониторинг астероидов примитивных типов вблизи перигелия с целью обнаружения их сублимационно-пылевой активности.** *Бусарев В.В., Киселёв Н.Н., Щербина М.П., Карпов Н.В., Горшков А.П. Астрономический журнал.* 2024. 101, № 2, с. 183-194. Рус.

С декабря 2022 г. по апрель 2023 г. на телескопе «Цейсс-2000» обсерватории Пик Терскол проведены UBVR-поляриметрические наблюдения 12 астероидов, в основном примитивных типов Главного пояса, находившихся на гелиоцентрических расстояниях вблизи перигелия. Целью мониторинговой программы был поиск изменений параметров поляризации астероидов, вызванных предполагаемой сублимационно-пылевой активностью, в результате которой возможно формирование разреженных пылевых экзосфер астероидов. Объектами программы были астероиды (1) Церера, (53) Калипсо, (117) Ломия, (164) Ева, (214) Ашера, (324) Бамберга, (419) Аврелия, (505) Кава, (554) Перага, (654) Зелинда, (704) Ингерания, (1021) Фламарио. Поляриметрические наблюдения астероидов (117) Ломия, (164) Ева и (505) Кава выполнены впервые, остальные астероиды наблюдались ранее. Только для двух астероидов, (1) Церера и (704) Ингерания, по спектрофотометрическим наблюдениям ранее была отмечена временная спектрофотометрическая переменность. Анализ временных изменений степени поляризации астероидов и сравнение результатов наблюдений с данными, имеющимися в литературе, показали, что стабильность наблюдаемой степени поляризации сопоставима с ошибками измерений  $\sim(0.02-0.1)\%$  у астероидов разного блеска. Таким образом, в период наблюдений не было обнаружено сколько-нибудь заметных поляризационных

признаков сублимационно-пылевой активности наблюдавшихся астероидов. Дополнительно показано, что существующие в настоящее время варианты спектральной таксономии астероидов, основанные на спектрофотометрических данных и альбедо, демонстрируют значительное рассеяние выделенных классов при сопоставлении их с фазовыми зависимостями поляризации астероидов. У астероида (554) Перага подтверждена отрицательная степень поляризации на углах меньше угла инверсии. Измерения поляризации астероида (1) Цереры в широком диапазоне длин волн не подтвердили заподозренное ранее изменение угла плоскости поляризации с длиной волны.

**24.05-01.219 Статистические характеристики осажденного водяного пара, оптической толщи и облачности в северной части Евразии.** Хайжин В.Б., Шиховцев А.Ю., Миронов А.П. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 2, с. 195-206. Рус.

По мнению авторов одной из важнейших задач исследования астроклимата возможных мест размещения Евразийских субмиллиметровых телескопов является изучение статистик осажденного водяного пара, оптической толщи и покрытия неба облачностью. В настоящей работе изучены статистики осажденного водяного пара и общей облачности в северной части Евразии с помощью реанализа ERA-5. Статистики оптической толщи на волне 3 мкм получены с применением модели Либе по реанализу ERA-5 для региона расположения БТА. Наиболее благоприятными астроклиматическими зонами Евразии наряду с Тибетом и восточным Памиром являются отдельные районы Саян, горного Алтая и горного Дагестана. В работе выполнена верификация данных реанализа ERA-5 с помощью данных радиозондирования, данных ГНСС измерений и радиометрических измерений за 2021 г.

**24.05-01.220 Оценка спина сверхмассивной черной дыры в Стрельце А\*.** Андрианов А.С., Чернов С.В. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 208-212. Рус.

В апреле 2017 г. телескоп Горизонта событий получил образ сверхмассивной черной дыры в источнике Стрелец А\*. Данный образ состоит из кольцеобразной структуры, которая содержит три области с повышенной яркостью (пятнами). Если предположить, что эти пятна связаны со вспышками вблизи горизонта событий черной дыры, то тогда можно оценить ее спин. Наша оценка дает значение порядка  $a \sim 0.9$ .

**24.05-01.221 Роль батарейного механизма Бирмана в возникновении магнитных полей аккреционных дисков.** Андреасян Р.Р., Марчевский И.К., Мизайлов Е.А. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 213-221. Рус.

Практически не вызывает сомнений, что аккреционные диски, окружающие такие компактные астрофизические объекты, как черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды, могут обладать структурами магнитного поля. Так, они объясняют перенос момента количества движения между различными частями диска и некоторые другие процессы. Существуют различные способы объяснения возникновения данных магнитных полей. В настоящей работе рассмотрена возможность генерации магнитных полей за счет батарейного механизма Бирмана. Он связан с радиальными потоками протонов и электронов. Учитывая их различные массы, они по-разному взаимодействуют с вращающейся средой, создавая круговые токи, порождающие магнитные поля. Ранее подобный процесс изучался для галактических дисков и было показано, что батарейный механизм может породить начальные магнитные поля в подобных объектах. В данной работе рассмотрено действие батареи Бирмана для аккреционных дисков. Это требует решения интегрального уравнения второго рода, возникающего с учетом самодействия магнитного поля. Показано, что созданные с ее помощью поля оказываются достаточно значимыми и могут играть важную роль в эволюции магнитных полей в дисках.

**24.05-01.222 Является ли молодая звездная ассоциация  $\epsilon$  Cha двойной?** Бобылев В.В., Байкова А.Т. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 222-232. Рус.

Изучена кинематика близкой к Солнцу молодой звездной ассоциации  $\epsilon$  Cha на основе списка звезд-кандидатов из работы Dickson—Vandervelde. Рабочая выборка состоит из 26 звезд с параллаксами, собственными движениями из каталога Gaia DR3

и лучевыми скоростями, взятыми из литературных источников. Построены орбиты звезд назад в прошлое и определен момент, когда ассоциация имела минимальный пространственный размер, а также проведен анализ зависимостей скоростей  $U$ ,  $V$ ,  $W$  от координат  $x$ ,  $y$ ,  $z$ . Показано, что исходная выборка делится на две части, обладающие различными кинематическими свойствами. В первую выборку вошли 9 звезд. На основе построения орбит этих 9 звезд получена оценка возраста  $t = 4.9 \pm 0.8$  млн лет. Для них также найден коэффициент расширения в плоскости  $xz$  с величиной  $K_{xz} = 135 \pm 19$  км/с/кпк, на основе которого получена еще одна оценка возраста  $t = 7.2 \pm 1.0$  млн лет. Во вторую выборку вошли 17 звезд. Построение их орбит дало оценку возраста  $t = 0.2 \pm 0.3$  млн лет, а на основе градиента  $dW/dz = 707 \pm 248$  км/с/кпк получена вторая оценка их возраста  $t = 1.4 \pm 0.5$  млн лет. Это говорит о том, что ассоциация  $\epsilon$  Cha либо состоит из двух группировок разного возраста, либо более молодая возникла в результате недавней вспышки звездообразования внутри общей звездной системы. Вопрос о гравитационной связи группировок не рассматривался в рамках данной работы.

**24.05-01.223 Зондирование ионосферы импульсами пульсара B2016+28 на частоте 324 МГц.** Бургин М.С., Попов М.В. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 233-243. Рус.

С использованием данных наземно-космических РСДБ наблюдений из архива проекта РадиоАстрон вычислены вызываемые ионосферой фазовые искажения кросс-спектра и исследовано их влияние на результаты определения функции видности. В качестве наземной станции интерферометра использовалась 300-метровая антенна обсерватории Аресибо. Отделение ионосферных искажений фазы от влияния межзвездной и межпланетной среды и инструментальных погрешностей основано на различных частотных и временных зависимостях этих эффектов. Амплитуда ионосферных вариаций фазы, вызванных флуктуациями электронной плотности в ионосфере над радиотелескопом в Аресибо, составляет несколько радиан за наблюдательный сеанс продолжительностью около одного часа. Структурная функция вариаций фазы указывает на непрерывный спектр мощности флуктуаций электронной плотности на характерных временах  $\gtrsim 2-5$  мин без ярко выраженных признаков квазипериодических процессов. При наблюдениях пульсаров такие ионосферные флуктуации фазы приводят к расширению максимума амплитуды функции видности как функции остаточной частоты интерференции на 5–10 мГц с уменьшением значения в максимуме на  $\approx 10\%$ . При построении изображений радиогалактик и квазаров по наземным РСДБ наблюдениям подобные фазовые сдвиги могут существенно исказить конечные результаты.

**24.05-01.224 Переход от сверхальфвеновского к доальфвеновскому обтеканию экзопланеты звездным ветромна примере HD 209458B.** Беленькая Е.С. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 244-249. Рус.

В зависимости от расстояния между экзопланетой и центральной звездой и от свойств этой звезды возникают разные режимы обтекания звездным ветром. Если экзопланета находится на расстоянии до альфвеновского радиуса, на котором скорость ветра равна альфвеновской скорости, или альфвеновское число Маха  $M_A = 1$ , то экзопланета генерирует альфвеновские крылья. Если она расположена за альфвеновским радиусом, возникает кометообразная магнитосфера, как у планет Солнечной системы. В работе рассматривается, как переход от одного режима обтекания к другому может быть описан в рамках параболической модели магнитного поля магнитосферы на примере экзопланеты HD 209458B.

**24.05-01.225 Принципы детектирования волновой темной материи с помощью экспериментов по измерению гравитационного красного смещения в Солнечной системе.** Пилипенко С.В., Литвинов Д.А., Захваткин М.В., Филеткин А.И. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 250-262. Рус.

Исследована возможность использования измерений эффекта гравитационного красного смещения для ограничения параметров волновой темной материи — класса моделей, в которых

темная материя состоит из легких скалярных частиц, которые ведут себя подобно волнам классической материи. Построен математический аппарат для оценки констант взаимодействия волновой темной материи с полями частиц Стандартной модели в экспериментах с удаленными часами. С его помощью показано, что точность эксперимента по детектированию темной материи гало Галактики с помощью двух спутников, оснащенных точными и стабильными атомными часами и находящимися на эллиптических околосолнечных орбитах, не превышает точности наземных экспериментов по сравнению скоростей хода коллоидированных часов различных типов. Причиной ограничения точности космического эксперимента является необходимость компенсации нерелятивистского эффекта Доплера, что приводит к уменьшению амплитуды полезного сигнала. Обсуждаются пути решения данной проблемы.

**24.05-01.226 Глобальные семейства периодических орбит, примыкающие к точкам либрации в ограниченной задаче трех тел. Тгай В.Н. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 263-270. Рус.**

Исследуется ограниченная круговая задача трех тел. Установлены все глобальные семейства периодических орбит, примыкающие к точкам либрации. Приведен сценарий эволюции орбит в семействе. Выделены цепочки глобальных семейств: цепочка начинается в треугольной точке либрации, содержит глобальные семейства для треугольной и всех коллинеарных точек либрации, заканчивается семейством, орбиты которого «прижимаются» к основным телам. Описана эволюция глобальных семейств в цепочке, связанная с изменением энергии системы. Изучены плоские и пространственные орбиты.

**24.05-01.227 О течественный программный комплекс обработки информации космической геодезической системы "спутник—спутник". Жамков А.С., Аюков С.В., Филеткин А.И., Милуков В.К., Власов И.Ю., Семенов В.Н., Гусев И.В., Жаров В.Е. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 271-283. Рус.**

Представлены принцип действия, основные компоненты и результаты применения созданного в ГАИШ МГУ программного комплекса (ПК) обработки больших объемов данных космической геодезической информации. ПК был использован для обработки межспутниковых измерений космической группировки, предназначенной для определения параметров гравитационного поля Земли (ГПЗ). Экспериментальный образец ПК позволяет работать как с модельными данными, так и с реальными наблюдениями. Проведены тестовые испытания данного ПК по восстановлению параметров ГПЗ на реальных данных миссий GRACE и GRACE-FO. Решения построены как для отдельных месяцев проведения измерений в период с 2010 по 2021 гг., так и для длительных интервалов времени (4.3 года и 7.6 лет). Произведено сравнение полученных решений с результатами восстановления ГПЗ другими исследователями.

**24.05-01.228 Норма смещения при возмущающем ускорении, меняющемся по закону обратных квадратов, в системе отсчета, связанной с радиусом-вектором. Санникова Т.Н. *Астрономический журнал*. 2024. 101, № 3, с. 284-296. Рус.**

Рассмотрена задача движения точки нулевой массы под действием притяжения к центральному телу и малого возмущающего ускорения  $P' = P/r^2$ , где  $r$  — расстояние до притягивающего центра, компоненты вектора  $P$  полагаются постоянными в системе отсчета с осями, направленными по радиусу-вектору, трансверсали и вектору площадей. Ранее для данной задачи найдены уравнения движения в средних элементах и формулы перехода от оскулирующих элементов к средним в первом порядке малости; величинами второго порядка мы пренебрегаем. В данной работе получена евклидова (среднеквадратичная по средней аномалии) норма смещения  $\sim P dt \sim P^2$ , где  $dt$  представляет разность векторов положения на оскулирующей и средней орбите. Оказалось, что  $\sim P dt \sim P^2$  зависит только от компонент вектора  $P$  (положительно определенная квадратичная форма), большой полуоси (пропорционально второй степени) и эксцентриситета оскулирующего эллипса. Норма  $\sim P dt \sim P^2$  получена в виде рядов по степеням  $\beta = e/(1 + \sqrt{1 - e^2})$  и по степеням эксцентриситета  $e$ . Результаты применены к задаче о движении

астероидов под действием возмущающего ускорения, обратно пропорционального квадрату гелиоцентрического расстояния, в частности, под влиянием эффекта Ярковского.

**24.05-01.229 От редколлегии. Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 1, с. 3-6. Рус.**

**24.05-01.230 GRB 231115A гигантская вспышка магнитара в галактике M82. Минаев П.Ю., Позаненко А.С., Гребенев С.А., Человеков И.В., Панков Н.С., Хабибуллин А.А., Инасаридзе Р.Я., Новичонок А.О. *Письма в Астрон. ж.* 2024. 50, № 1, с. 7-28. Рус.**

Представлены результаты исследования короткого гамма-всплеска GRB 231115A в рентгеновском и гамма-диапазонах по данным космических обсерваторий INTEGRAL и *Fermi*. Источник всплеска локализован телескопом IBIS/ISGRI обсерватории INTEGRAL с точностью  $\leq 1.5$ , он находится в галактике Сигара (M 82). Проведены оперативные наблюдения области всплеска в оптическом диапазоне на 36-см телескопе в Китае Международной сети телескопов ИПМ им. М. В. Келдыша РАН и на 70-см телескопе AS-32 Абастуманской астрофизической обсерватории. Оптическое излучение обнаружить не удалось. Близость родительской галактики ( $D_L \sim 3.5$  Мпк) существенно ограничивает энергетику события ( $E_{iso} \sim 10^{45}$  эрг) и позволяет интерпретировать его как гигантскую вспышку ранее неизвестного источника повторных мягких гамма-всплесков (Soft Gamma Repeater или SGR) — экстремального проявления активности нейтронной звезды со сверхсильным магнитным полем (магнитара). Данный вывод подтверждает нетипично жесткий для космологических гамма-всплесков энергетический спектр, а также отсутствие оптического послесвечения и гравитационно-волнового сигнала, который должен был бы быть зарегистрирован антеннами LIGO/Virgo/KAGRA, если бы всплеск был вызван слиянием нейтронных звезд. Положение всплеска на диаграммах  $E_{p,i} - E_{iso}$  и  $T_{90,i} - E_H$  также свидетельствует о том, что GRB 231115A был гигантской вспышкой магнитара. Отметим, что это первая хорошо локализованная гигантская вспышка внегалактического SGR.

**24.05-01.231 Глубокий жесткий рентгеновский обзор поля M81 по данным обсерватории интеграл. Кривонос Р.А., Мереминский И.А., Сазонов С.Ю. *Письма в Астрон. ж.* 2024. 50, № 1, с. 29-37. Рус.**

Проведен глубокий обзор области поля M81 в диапазоне энергий 25-60 кэВ по данным многолетних (2003-2023) наблюдений обсерватории ИНТЕГРАЛ. Благодаря большой накопленной экспозиции (19.2 Мс) в центральной части поля достигнута рекордная чувствительность 0.16 мКраб на уровне значимости детектирования 4σ. Полная площадь обзора составила 1004 кв. градусов на уровне чувствительности лучше 0.72 мКраб. Составлен каталог источников, обнаруженных на уровне значимости выше 4σ. Он содержит 51 объект, большинство из которых являются активными ядрами галактик (АЯГ). Медианное красное смещение сейфертовских галактик в каталоге составляет  $z = 0.0366$ . Шесть источников ранее не регистрировались ни в каких рентгеновских обзорах. По имеющимся косвенным данным все они, а также еще два источника, которые ранее уже попадали в каталоги обзоров обсерватории ИНТЕГРАЛ, тоже могут быть АЯГ, в том числе с сильным внутренним поглощением.

**24.05-01.232 SRGZ: классификация точечных рентгеновских источников eПОЗИТА в области 1% DESI и калибровка фотометрических красных смещений. Мещеряков А.В., Хорунжеев Г.А., Воскресенская С.А., Медведев П.С., Гильфанов М.Р., Сюняев Р.А. *Письма в Астрон. ж.* 2024. 50, № 1, с. 38-54. Рус.**

Рассматривается популяция точечных рентгеновских источников двухлетнего обзора CPG/eПОЗИТА в области 1%-го спектроскопического обзора DESI в восточной галактической полусфере (eROSITA-1%DESI-East). Рассматриваемые данные сочетают в себе большую площадь обзора (91.4 кв. градусов) и рекордно высокую полноту (90-95%) спектроскопии оптических компаньонов рентгеновских источников с потоком  $F_{X,0.5-2} \geq 1.5 \cdot 10^{-14}$  эрг  $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$ . Мы сравниваем результаты фотометрических (SRGz) и спектральных/астрометрических измерений (DESI EDR, SDSS, HELP, GAIA) классов и крас-

ных смещений объектов в зависимости от их рентгеновского потока. Нами отмечается высокая точность фотометрических красных смещений, полученных моделями SRGz для рентгеновских источников в двухлетнем обзоре неба ePOZITA (в области покрытия фотометрических обзоров DESI Legacy Imaging Surveys/Pan-STARRS1/SDSS): стандартное отклонение  $s_{NMAD} \approx 4\%$  и доля выбросов на уровне  $n > 0.15 = 7-8.5\%$  (для оптических компаньонов рентгеновских источников с  $F_{X,0.5-2} \geq 1.5 \cdot 10^{-14}$  эрг  $\text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$ ). Прогнозы photo-z рентгеновских источников в SRGz имеют негауссовый характер; качество калибровки PDF(z) важно для точной оценки доверительных интервалов прогноза красных смещений. Предложен новый метод постобработки вероятностных прогнозов photo-z, основанный на двухтемпературной коррекции распределения PDF(z). Подход позволяет значительно улучшить калибровку вероятностных прогнозов и доверительных интервалов фотометрических красных смещений рентгеновских источников ePOZITA.

**24.05-01.233 Оценка точности параметров звездных атмосфер и межзвездного поглощения из высокоточных данных широкополосной фотометрии. Пахомов Ю.В. Письма в Астрон. жс. 2024. 50, № 1, с. 55-72. Рус.**

Представлен анализ точности оценки звездных параметров (эффективной температуры  $T_{eff}$ , ускорения силы тяжести  $\log g$ , металличности  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , углового диаметра  $\theta$ ) и избытка цвета  $E(B-V)$ , получаемых методом минимизации  $\chi^2$  при использовании данных широкополосной фотометрии, на примере фотометрических систем Джонсона—Казинса, 2MASS и моделей звездных атмосфер ATLAS9. Метод протестирован на внутреннюю точность и с использованием реальных объектов: отдельных звезд и звезд скоплений. Для получения приемлемых результатов требуется высокая точность фотометрии ( $\sigma_m < 0.01-0.015^m$ ), при которой ошибки составляют  $\sigma T_{eff} \approx 2-5\%$ ,  $\log g \approx 0.6$ ,  $\sigma [\text{Fe}/\text{H}] \approx 1$ ,  $\sigma \theta \approx 2\%$  и  $sE(B-V) \approx 0.02-0.07^m$  для звезд с  $T_{eff} < 8000$  K. Для более горячих звезд — а  $T_{eff}$  до 10%,  $\log g \approx 0.6$  dex,  $\sigma \theta \approx 3\%$ ,  $sE(B-V) \approx 0.02-0.07^m$ , но определение металличности становится невозможным. Показана возможность использования метода для оценки избытка цвета в звездных полях. Обсуждаются ограничения метода.

**24.05-01.234 Исследование углеродной звезды Т Дракона. Татарников А.М., Желтоухов С.Г., Шенарвин В.И., Сергеев И.В., Вагонин А.А. Письма в Астрон. жс. 2024. 50, № 1, с. 73-81. Рус.**

Представлены результаты фотометрических инфракрасных наблюдений в полосах JHKLM и спектральных инфракрасных наблюдений в диапазоне 1–2.5 мкм углеродной мириды Т Дра, выполненных с 2019 по 2023 гг. Анализ фотометрических наблюдений показывает наличие в это время как пульсационных колебаний блеска с амплитудой падающей от  $1.2^m$  в полосе J до  $0.84^m$  в полосах L и M, так и наличие линейного тренда среднего уровня блеска величиной  $0.0007^m/\text{д}$  в полосе J. В ИК-спектре Т Дра выделены полосы поглощения молекул  $\text{C}_2\text{H}_2$ , HCN, CN, CO и  $\text{C}_2$ . Обнаружена зависимость глубины полосы поглощения 1.53 мкм от блеска звезды. Показано, что полосы CO 12.29 мкм имеют высокий контраст, что указывает на их формирование не в атмосфере звезды, а в околосредной пылевой оболочке. Представлено распределение энергии в спектре Т Дра в широком спектральном диапазоне, по которому получены оценки болометрических потоков в максимуме и минимуме блеска:  $4.8 \cdot 10^{-10}$  Вт/м<sup>2</sup> и  $2.5 \cdot 10^{-10}$  Вт/м<sup>2</sup> соответственно. Для расстояния Т Дра 944 пк они соответствуют светимости звезды в максимуме блеска  $L_{max} \approx 13300 L$  и в минимуме блеска  $L_{min} \approx 6900 L$ . Проведено моделирование переноса излучения в околосредной оболочке Т Дра и получены оценки параметров звезды и оболочки:  $T_{eff} = 2400$  K,  $R^* = 670 R_\odot$ ,  $R_{in} = 5-6$  a.e.,  $R_{out} \sim 50000$  a.e.,  $t_V = 3.5$ ,  $M_{dust} = 4-8 \cdot 10^{-10} M_\odot$ ,  $dM/dt \sim 1.5 \cdot 10^{-6} M_\odot/\text{год}$ .

**24.05-01.235 О вспышечной активности мазера H<sub>2</sub>O В DR21OH. Лапинов А.В., Толмачёв А.М., Киселёв А.К., Лапин Н.И., Лапинова С.А., Старцева И.А., Логинова А.С. Письма в Астрон. жс. 2024. 50, № 1, с. 82-89. Рус.**

Сообщается о вспышке мазерного излучения H<sub>2</sub>O, обнаруженной в июле 2023 г. в области звездообразования DR21OH

при мониторинге непрерывного излучения в DR21 на RT22 ПРАО. Данные наблюдения были частью программы по исследованию характеристик антенны и поглощения атмосферы на длине волны 1.35 см. Последующее обращение к архивным данным и новые измерения показали, что обнаруженная вспышка в 2023 г. была в источнике не единственной, и DR21OH является сильно переменным в линии H<sub>2</sub>O на 22 ГГц с довольно непредсказуемым характером. По измерениям континуума в DR21 выполнены оценки эффективной площади RT22.

**24.05-01.236 Пути синтеза метилформиата на различных этапах звездообразования. Кочина О.В., Вилбе Д.З. Письма в Астрон. жс. 2024. 50, № 1, с. 90-99. Рус.**

Представлено исследование основных реакций, определяющих содержание метилформиата в условиях маломассивного протозвездного объекта с нормальной и повышенной скоростью ионизации космическими лучами. Оценен вклад в газофазное содержание метилформиата пылевой химии, а также влияние на него изменения физических условий, сопровождающего переход от дозвездной фазы к протозвездной.

**24.05-01.237 Звездный ветер и эффективность плазменного радиоизлучения экзопланет. Зайцев В.В., Шапошников В.Е., Ходаченко М.Л., Руменских М.С. Письма в Астрон. жс. 2024. 50, № 1, с. 100-109. Рус.**

Представлены результаты исследования влияния звездной активности на эффективность плазменного механизма генерации радиоизлучения и на свойства этого излучения в атмосфере экзопланет со слабым магнитным полем. Плазменный механизм генерации может эффективно реализоваться в случае, когда ленгмюровская частота превышает гирочастоту электронов и электронный циклотронный мазер не эффективен. Этот механизм, существенно зависящий от параметров плазмы, предполагает генерацию плазменных (квазистатических) волн энергичными электронами с последующей конверсией их в электромагнитное излучение. Звездный ветер в зависимости от его интенсивности может в значительной степени модифицировать плазмосферу экзопланеты и менять ее параметры. На примере взаимодействия экзопланеты HD189733b со звездным ветром различной интенсивности центральной звезды показано, что реализация плазменного механизма возможна при любой интенсивности звездного ветра, меняются только требования к параметрам плазменного механизма. В частности, меняется величина плотности энергии плазменных волн, необходимая для генерации потока радиоизлучения, доступного для регистрации современными радиоастрономическими средствами, и меняется его частотный диапазон. Последнее позволит использовать регистрируемое радиоизлучение как индикатор активности материнской звезды.

**24.05-01.238 Радиолокационные изображения предполагаемых мест посадки космического аппарата на Луну. Бондаренко Ю.С., Маршалов Д.А., Зиньковский Б.М., Михайлов А.Г. Письма в Астрон. жс. 2024. 50, № 1, с. 110-116. Рус.**

Представлены новые радиолокационные изображения и поляриметрические данные предполагаемых мест посадки российского космического аппарата Луна-25 вблизи кратеров Манцини и Богуславский в южном полярном регионе Луны. Изображения были получены с использованием 64-м антенны ТНА-1500 Центра космической связи ОКБ МЭИ “Медвежьё озёра” и 13.2-м радиотелескопа RT-13 Обсерватории “Светлое” ИПА РАН, в бистатической конфигурации на длине волны 4.2 см. На этой длине волны радиолокационные сигналы могут проникать в реголит на глубину до 1 м и чувствительны к поверхностным и взвешенным породам диаметром около 1 см и более. Пространственное разрешение порядка 80 м было достигнуто за счет алгоритма фокусированной обработки, позволяющего избежать размытия радиолокационного изображения при длительном времени интегрирования. Измерения шумовой температуры приемной системы на протяжении всего сеанса наблюдений обеспечили надежную оценку отношения круговых поляризаций (CPR) эхо-сигнала. Анализ полученных радиолокационных изображений выявил области с высоким радиолокационным рассеянием и CPR. Проведена оценка количества и распределения камней и неровностей, соразмерных длине вол-

ны излучения, на поверхности и в приповерхностном слое реголита. В результате проведенного анализа радиолокационных данных сделан вывод, что поверхность и приповерхностный слой реголита основного района более гладкие, чем в резервном, что делает его предпочтительным для предполагаемой посадки. Таким образом, полученные в результате работы новые радиолокационные изображения и карты CPR могут быть использованы при планировании будущих лунных миссий.

**24.05-01.239 Прохождение гамма-всплеска через молекулярное облако: ионизационная структура облака. Нестерёнок А.В. Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 2, с. 121-141. Рус.**

Построена модель прохождения излучения гамма-всплеска через плотное молекулярное облако. В расчетах учитываются основные процессы взаимодействия излучения с веществом облака: ионизация атомов H, He, ионизация ионов металлов с учетом испускания Оже-электронов, ионизация и фотодиссоциация молекул H<sub>2</sub>, поглощение ультрафиолетового излучения в линиях H<sub>2</sub> полос Лаймана и Вернера, испарение частиц пыли. Ионизация ионов металлов рентгеновским излучением определяет степень ионизации газа в области, где газ преимущественно нейтральный. Фотоионизация внутренних электронных оболочек ионов сопровождается испусканием Оже-электронов, что приводит к образованию ионов металлов в высоком ионизационном состоянии. В частности, лучевые концентрации ионов Mg, Si, Fe в состоянии ионизации I-IV много меньше, чем лучевые концентрации этих ионов в состоянии ионизации V и выше. Фотоионизация ионов металлов ультрафиолетовым излучением происходит только на расстояниях меньше радиуса испарения пыли и для нейтральных атомов с порогом ионизации меньше 13.6 эВ. Результаты наших расчетов подтвердили выдвинутое ранее предположение, что ионизация атомов не играет важную роль в поглощении излучения в рентгеновском диапазоне длин волн. Для низкой металличности,  $[M/H] \leq -1$ , роль атомов гелия является доминирующей.

**24.05-01.240 Метод периодических главных компонент динамического спектра радиопульсаров и фарадеевское вращение девяти составляющих импульса PSR B0329+541. Кочаровский В.В., Вдовин В.В., Гаврилов А.С., Кочаровская Е.Р., Логвиненко С.В., Лоскутов Е.М., Малюфеев В.М. Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 2, с. 142-162. Рус.**

Развит метод периодических главных компонент для сигналов с квазипериодическим динамическим спектром, свойственным радиопульсарам. Метод основан на анализе собственных векторов и значений матрицы частотно-временных корреляций сигнала, усредненной по многим периодам обращения пульсара. На примере наблюдений PSR B0329+54 радиотелескопом ПРАО АКЦ ФИАН вблизи частоты 111 МГц в полосе 2.5 МГц показано, что даже для коротких интервалов данных (несколько минут) развитый метод позволяет выделить до девяти составляющих импульса излучения пульсара, оценить степень корреляции между ними и для каждой составляющей найти период модуляции фарадеевского типа, а также ее относительную фазу и скорость частотно-временного чирпа, т.е. позволяет судить о структуре источника излучения.

**24.05-01.241 Исследование компонент двойной звезды ADS 15571 методом спекл-интерферометрии. Соков Е.Н., Горшанов Д.Л., Измайлов И.С., Шахт Н.А., Сокова И.А., Бескакетов А.С., Дьяченко В.В., Максимов А.Ф., Митрофанова А.А., Расстегаев Д.А. Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 2, с. 163-171. Рус.**

По спекл-интерферометрическим наблюдениям широкой двойной звезды ADS 15571 на БТА САО РАН в 2014 г. подтверждено существование у компонента А близкого спутника, который был ранее обнаружен по астрометрическим наблюдениям Пулковской обсерватории. Продолжение наблюдений на БТА с 2014 по 2022 г. позволило получить 28 положений спутника относительно главной звезды. По этому ряду построена относительная орбита спутника и определена сумма масс подсистемы А ( $1.686 \pm 0.014 M_{\odot}$ ). Сравнение этой орбиты с орбитой фотопцентра компонента А, построенной по пулковским фотографическим наблюдениям, позволило оценить также отношение

масс главной звезды и спутника и их индивидуальные массы:  $M_{\delta a} = (1.10 \pm 0.07) M_{\odot}$  и  $M_{\delta b} = (0.59 \pm 0.07) M_{\odot}$ . По оценкам разности блеска двух звезд системы ADS 15571А были оценены спектральные типы компонент: ADS 15571Аa-F8V; ADS 15571Ab-K5V-K5.5V. Спекл-интерферометрические наблюдения компонента В показали отсутствие у него разрешимых спутников.

**24.05-01.242 Структуры магнитного поля звезд HD 94660, HD 75049, HD 154708. Глаголевский Ю.В. Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 2, с. 172-179. Рус.**

На основе литературных данных построены модели магнитных структур трех звезд, имеющих относительно сильное магнитное поле. Все они имеют дипольную структуру и по своим свойствам не отличаются от основной массы магнитных звезд. Однако они, как и некоторые другие объекты с сильным полем, не подчиняются прямой зависимости величины периода вращения от напряженности магнитного поля звезды, которая ожидается исходя из гипотезы потери момента вращения путем передачи его окружающим протозвездным облакам через силовые линии.

**24.05-01.243 Повышение яркости космического фонового радиоизлучения в направлении на скопления галактик. Гребнев С.А., Сюняев Р.А. Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 3, с. 183-207. Рус.**

Исследована возможность регистрации в направлении скоплений галактик избытка космического фонового радиоизлучения из-за его комптоновского рассеяния на электронах горячего межгалактического газа. При картографировании флуктуаций фона на частотах ниже  $< 800$  МГц этот эффект ведет к появлению на месте скопления радиоисточника. На более высоких частотах, где в космическом фоне доминирует микроволновое (реликтовое) излучение, на месте скопления наблюдается "отрицательный" источник ("тень" на карте флуктуаций фона), что связано с переносом при рассеянии части реликтовых фотонов вверх по оси частот (в область  $\nu > 217$  ГГц, Сюняев, Зельдович, 1970, 1972). В работе рассчитаны спектры ожидаемых искажений фонового радиоизлучения для разных параметров скоплений, показано, что во многих случаях в широком диапазоне частот 30 МГц  $< \nu < 3$  ГГц измерению искажений будет препятствовать собственное тепловое (тормозное) излучение межгалактического газа, а также рассеянное радиоизлучение галактик скоплений, связанное с их былой активностью, включая синхротронное излучение выброшенных релятивистских электронов. Ниже  $\sim 20$  МГц эффект рассеяния всегда преобладает над тепловым излучением газа из-за общего роста интенсивности космического радиополна, однако высокоточные измерения на таких частотах становятся сложными. Ниже  $\sim 5$  МГц эффект подавляется индуцированным рассеянием. В работе найдены диапазоны частот, оптимальные для поиска и измерения комптоновского избытка фонового радиоизлучения. Показано, что наиболее перспективны для его наблюдения горячие ( $kT_e > 8$  кэВ) скопления, находящиеся на больших ( $z > 0.5$ ) красных смещениях. Из-за сильной концентрации тормозного излучения к центру скопления периферийные наблюдения комптоновского избытка должны быть предпочтительнее центральных. Более того, благодаря тепловому излучению газа и его концентрации к центру, отмеченный выше переход от "отрицательного" источника на карте флуктуаций фона к "положительному" при движении вниз по оси частот должен происходить не плавно, а через стадию "гибридного источника" — появления яркого пятна, окруженного темным кольцом. Такой вид источника в проекции объясняется его необычной трехмерной формой в виде узкого пика тормозного радиоизлучения, поднимающегося из центра широкой глубокой ямы, связанной с комптоновским рассеянием реликтового излучения. Рассеянное излучение активной в прошлом центральной галактики скопления может усилить эффект. Аналогичный "гибридный источник" появляется на карте флуктуаций фона и вблизи частоты 217.5 ГГц — при переходе от дефицита реликтового излучения к избытку (за счет фотонов, испытавших рассеяние). Необычная форма источника при этом вновь связана с тепловым излучением газа. Одновременные измерения потока тормозного радиоизлучения газа и амплитуды искажений из-за рассеяния фонового радио- и реликтового излучения позволяют определять важнейшие параметры скопления.

**24.05-01.244 Аннигиляция позитронов из джетов АЯГ как возможный источник космического гамма-фона на энергиях до 511 кэВ.** Низамов В.А., Пиширков М.С. *Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 3, с. 208-215. Рус.

Происхождение диффузного гамма-фона в диапазоне от сотен кэВ до нескольких МэВ окончательно не известно. На основе существующих моделей и наблюдений считается, что, по крайней мере частично, этот фон формируется блазарами и остатками сверхновых (СН) типа Ia в далеких галактиках, однако этих вкладов скорее всего недостаточно для объяснения всего наблюдаемого потока. В данной работе мы предлагаем еще один источник, который может вносить вклад в этот фон, а именно джеты активных ядер галактик (АЯГ). Состав этих джетов неизвестен, но есть наблюдательные указания на то, что доля позитронов в них значительна. Позитроны частично выносятся в межгалактическую среду, а частично смешиваются с окологалактической средой и сравнительно быстро аннигилируют в ней. Используя функцию светимости АЯГ, мы оценили скорость производства позитронов и вклад аннигиляции позитронов в космический фон ниже 511 кэВ. Мы также оценили аналогичный вклад аннигиляции позитронов в остатках СН Ia в далеких галактиках. Вклад АЯГ оценивается в 5-10 раз меньше, чем наблюдаемая интенсивность фона, а вклад СН меньше еще на порядок. Тем не менее, вклад АЯГ оказался больше, чем вклад блазаров, оцененный по наблюдениям Swift-BAT и Fermi-LAT. Основной неопределенностью в нашей модели является доля позитронов, остающихся в окологалактической среде, что делает нашу оценку верхним пределом.

**24.05-01.245 Происхождение широкой эмиссии He II 4686 Å в ранних спектрах SN IIP.** Чугай Н.Н., Утробин В.П. *Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 3, с. 216-222. Рус.

Предлагается модель, объясняющая происхождение широкой эмиссии He II 4686 Å в раннем спектре SN 2020jfo (тип IIP). Линия 4686Å предположительно излучается плотными фрагментами, внедренными в горячий газ внешней ударной волны. Фрагменты образованы в результате резкого торможения пограничной плотной маломассивной оболочки сверхновой и сопутствующей неустойчивости Рэлея—Гэйлора. Температура светящихся фрагментов  $\approx 5 \cdot 10^4$  К. Расчеты ионизации и возбуждения водорода объясняют светимость эмиссии 4686Å, высокое отношение потоков He II 4686 Å/Н а и значительную оптическую толщину линии 4686 Å. Показано, что нагрев фрагментов электронами ударной волны компенсирует охлаждение излучением линии He II 304 Å.

**24.05-01.246 Облачная аккреция как возможная причина продолжительных затмений звезд типа UX Ori.** Гринин В.П., Демидова Т.В. *Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 3, с. 223-232. Рус.

Предложена модель глубоких и продолжительных затмений молодых звезд типа UX Ori. Некоторые из этих событий продолжаются десятилетиями, и существующие модели не могут их объяснить. Показано, что такие затмения могут быть вызваны падением на протопланетный диск газопылевых облаков из остатков протозвездного облака. Возмущение в диске, вызванное падением облака, приводит к всплеску аккреционной активности звезды и, как следствие, к усилению дискового ветра. Если околозвездный диск наклонен под небольшим углом к лучу зрения, то пыль, поднятая ветром с поверхности диска, может вызвать сильное уменьшение блеска звезды, которое может продолжаться десятилетиями.

**24.05-01.247 Наблюдение гелиосейсмически активной солнечной вспышки с малым потоком жесткого рентгеновского излучения до 50 кэВ.** Шарькин И.Н., Зимовец И.В., Косовичев А.Г., Мышьяков И.И. *Письма в Астрон. жс.* 2024. 50, № 3, с. 233-250. Рус.

Рассматривается солнечная вспышка класса M1.1, произошедшая 5 июля 2012 г. в 06:49 UT. Событие уникально тем фактом, что в нем было обнаружено гелиосейсмическое возмущение, несмотря на малый поток жесткого рентгеновского излучения в диапазоне 25–50 кэВ и очень мягкий спектр по данным RHESSI. Как правило, большинство известных солнцетрясений детектировалось в солнечных вспышках с большими потоками жесткого рентгеновского излучения на высоких энер-

гиях (как минимум до 100–300 кэВ). Рассматриваемое событие противоречит популярной гипотезе о генерации солнцетрясений пучками ускоренных электронов высоких энергий. Анализ доступных рентгеновских спектров по данным RHESSI показывает, что их можно объяснить двумя способами. Рентгеновский спектр в диапазоне 25–50 кэВ объясняется степенным распределением ускоренных электронов с индексом 7–9, либо наличием сверхгорячей плазмы с температурой  $T \sim 30\text{--}60$  МК. В том и другом случае мы имеем дело с электронами относительно низких энергий, которые либо являлись причиной генерации солнцетрясения, либо их следует рассматривать как вторичное (сопутствующее) явление по отношению к истинной причине фотосферного возмущения. Впервые для гелиосейсмически активной солнечной вспышки приводятся результаты совместного анализа рентгеновских и микроволновых спектров. Анализ показывает, что спектры в обоих диапазонах, могут хорошо объясняться излучением сверхгорячей замагниченной плазмы, а не ускоренными электронами с мягким спектром. Но также возможно объяснение спектров при рассмотрении ускоренных электронов, частично захваченных в магнитную ловушку. Получены оценки параметров тепловой плазмы, ускоренных электронов, потоков энергий различных видов. Проведен анализ динамики ультрафиолетовых и рентгеновских источников излучения. Также приводится анализ структуры магнитного поля по векторным магнитограммам и нелинейной бессиловой экстраполяции коронального магнитного поля. Обсуждаются механизмы генерации гелиосейсмического возмущения во время данной солнечной вспышки. Вероятно, эруптивный процесс мог быть как первичной, так и вторичной причиной солнцетрясения. Появление сверхгорячей плазмы в короне могло привести к формированию распространяющихся тепловых фронтов в нижние слои солнечной атмосферы, где возбуждаются гелиосейсмические волны. Анализ не позволяет исключить и возможность генерации солнцетрясения ускоренными электронами с мягким спектром.

**24.05-01.248 Гамма-астрономические исследования на Тянь-Шанской высокогорной станции ФИАН на основе метода выделения широких атмосферных ливней без адронного и мюонного сопровождения.** Рябов В.А., Жужов В.В., Пискаль В.В., Шаулов С.Б., Щенетов А.Л., Идрисова Т.К., Садыков Т.Х. *Кратк. сообщ. по физ. ФИАН.* 2024. 51, № 10, с. 3-12. Рус.

В работе обсуждаются первые результаты и перспективы проведения на детекторах комплекса ТШВНС гамма-астрономических исследований в области энергий ( $10^{12}\text{--}10^{17}$ ) эВ без использования дорогостоящих черенковских детекторов. Рассмотрена стратегия использования комплекса детекторов ТШВНС в качестве гамма-астрономической установки: объединение информации о параметрах широких атмосферных ливней (ШАЛ), предоставляемой детекторами ливневой установки, с данными о направлении оси ливня, определенными с помощью детекторов системы измерения задержек фронта ШАЛ, и проведение специального отбора ливневых событий с малым числом мюонов и низким нейтронным сопровождением, а также информации с гамма-блока ионизационного калориметра. Рассмотрены перспективы модернизации комплекса с целью расширения энергетического диапазона вплоть до энергий гамма-ливней  $10^{18}$  эВ.

**24.05-01.249 Параметры корональных диммингов и их вариации в течение 24-го солнечного цикла.** Вазрушьева А.А., Шугай Ю.С., Капорцева К.Б., Еремев В.Е., Калегаяев В.В. *Геомагнетизм и астрономия.* 2024. 64, № 1, с. 3-12. Рус.

Исследованы параметры диммингов и их связь с корональными выбросами массы для определения расположения возможных источников выбросов на диске Солнца в ходе 24-го солнечного цикла. Использована база данных Solar Demon, в которой содержится информация по вспышкам и диммингам, полученная путем обработки изображений с космической обсерватории SDO/AIA. Из всех проанализированных диммингов 16% соотносены с корональными выбросами массы из базы данных SACTus по данным коронографа SOHO/LASCO за 2010–2018 гг. По распределению параметров установлено, что димминги, связанные с корональными выбросами массы, в среднем явля-

ются событиями с большими абсолютными величинами параметров. Между центральным углом димминга и центральным углом соотнесенного с ним коронального выброса массы коэффициент корреляции равен 0.96. Для диммингов, наблюдаемых в центральной части диска Солнца, были получены коэффициенты корреляции между скоростью коронального выброса массы и параметрами димминга, близкие к 0.5. Полученные результаты могут быть использованы для моделирования распространения корональных выбросов массы и уточнения вероятности их прихода на околоземную орбиту.

**24.05-01.250 Влияние геометрической формы протуберанца и структуры коронального магнитного поля на вероятность эрупции, развития вспышки и коронального выброса.** *Филитов В.П.* *Геомагнетизм и аэронаука.* 2024. 64, № 1, с. 13-22. Рус.

Условия равновесия магнитного жгута, в котором содержится протуберанец, зависят от свойств окружающего магнитного поля короны и геометрии самого жгута. Эрупция протуберанца обычно связывается с потерей устойчивости во внешнем поле при достижении высоты, выше которой индекс убывания поля превышает критическое значение развития эруптивной неустойчивости. Для жгутов с осью в виде прямой линии или окружности критическое значение индекса убывания поля лежит в пределах 1.0–1.5. На основании экстраполяции магнитного поля в короне по данным измерений поля в фотосфере можно было бы строить прогноз вероятности эрупции конкретного протуберанца. Однако учет того, что концы магнитного жгута укоренены в фотосфере и остаются зафиксированными вследствие вмороженности в фотосферную плазму, существенно влияет на критическое значение индекса и усложняет задачу прогноза. Если магнитный жгут сохраняет форму сегмента тора в процессе эволюции, то критическое значение индекса убывания поля для его вершины зависит от того, какую часть тора он составляет, будучи минимальным для примерно половины тора и имея значение при этом, существенно меньшее единицы. Как будет развиваться эрупция жгута после потери равновесия, тоже зависит от того, какую часть полного тора он составляет в момент начала эрупции. Более короткие жгуты ускоряются очень энергично, но кратковременно, генерируя более сильные электрические индукционные поля, инициирующие вспышечные процессы. Однако конечная скорость, которую может набрать короткий жгут в процессе ускорения, меньше, чем у более длинных жгутов, ускоряющихся менее интенсивно, но более длительно. Индукционные эффекты у последних менее выражены, так что они способны произвести только слабые вспышечноподобные проявления. Таким образом, эрупция короткого протуберанца, который набрал сравнительно небольшую скорость, может быть остановлена на некоторой высоте в короне, не породив корональный выброс. Но такая “несостоявшаяся эрупция” способствует развитию вспышечных явлений. Напротив, эрупции длинных протуберанцев чаще ведут к образованию корональных выбросов и слабым вспышечным проявлениям.

**24.05-01.251 Моделирование спектральных наблюдений эруптивного протуберанца.** *Куряков Ю.А., Бычков К.В., Белова О.М., Горшков А.Б., Котрч П.* *Геомагнетизм и аэронаука.* 2024. 64, № 1, с. 23-28. Рус.

Приведены результаты анализа наблюдений эруптивного протуберанца на спектрографах MFS и HSFA2 обсерватории Ондражейов (Астрономический институт, Чешская Республика) в линиях водорода, гелия и кальция. После обработки спектров были определены интегральные потоки излучения в линиях и произведен теоретический расчет физических параметров плазмы с использованием модели при отсутствии локального термодинамического равновесия. Сравнение наблюдаемых и расчетных значений показало, что наблюдаемые потоки излучения в линиях могут быть объяснены в модели стационарного излучения газа с учетом непрозрачности в спектральных линиях. Для расчета теоретических потоков в ряде случаев потребовалось ввести излучение нескольких слоев с разной температурой и высотой. Рассчитанные потоки излучения с точностью до 10% согласуются с наблюдаемыми. В результате моделирования получены основные параметры плазмы протуберанца: температура, концентрация и др. Значения потоков излучения в спектраль-

ных линиях свидетельствуют о неоднородности излучающего газа, причем рядом друг с другом могут находиться области, температуры которых различаются на порядок величины.

**24.05-01.252 Форбуш-понижения и геомагнитные возмущения: 2. Сравнение солнечных циклов 23—24 и событий в внезапным и постепенным началом.** *Мелкумян А.А., Белов А.В., Шлык Н.С., Абунина М.А., Абунина А.А., Оленева В.А., Янке В.Г.* *Геомагнетизм и аэронаука.* 2024. 64, № 1, с. 39-54. Рус.

Исследуются статистические связи между значениями геомагнитных индексов и характеристиками космических лучей и межпланетных возмущений для Форбуш-понижений с внезапным и постепенным началом, связанных с разными типами солнечных источников: а) корональными выбросами массы из активных областей, сопровождавшимися солнечными вспышками; б) волоконными выбросами вне активных областей; в) высокоскоростными потоками из корональных дыр; г) несколькими источниками. С использованием статистических методов также сравнивается зависимость геомагнитных индексов от параметров космических лучей и солнечного ветра для Форбуш-понижений в солнечных циклах 23 и 24. Полученные результаты показали: а) межпланетные возмущения, связанные с корональными выбросами из активных областей, вызывают преимущественно магнитные бури с внезапным началом; б) межпланетные возмущения, связанные с высокоскоростными потоками из корональных дыр, вызывают в основном бури с постепенным началом; в) межпланетные возмущения, связанные с волоконными выбросами вне активных областей, вызывают равновероятно бури с внезапным и постепенным началом. Для спорадических Форбуш-понижений параметры космических лучей и геомагнитной активности в среднем больше для событий с внезапным началом; для рекуррентных Форбуш-понижений характер начала события на величину этих параметров не влияет. Для всех типов солнечных источников параметры возмущенного солнечного ветра в среднем больше в событиях с внезапным началом. Геоэффективность межпланетных возмущений значительно выше в 23 цикле для событий, связанных с выбросами из активных областей; для остальных типов возмущений разница между циклами слабая.

**24.05-01.253 Критерии для предсказания протонных событий по солнечным наблюдениям в реальном времени.** *Струминский А.Б., Садовский А.М., Григорьева И.Ю.* *Геомагнетизм и аэронаука.* 2024. 64, № 2, с. 163-174. Рус.

Обсуждается последовательность преодоления пороговых значений ряда физических характеристик для предсказания протонных событий в реальном времени. Каждая характеристика добавляет новый физический смысл, который уточняет предсказание. Для учета всех характеристик необходимы следующие непрерывные патрульные наблюдения: 1) магнитного поля активной области (всплывание потока) и общего магнитного поля Солнца, которые могут предсказать начало вспышечной активности за несколько дней до основных событий; 2) мягкого рентгеновского излучения в двух каналах для вычисления температуры (Т) и меры эмиссии плазмы, которые могут показать преднагрев до  $T > 10$  МК, необходимый для начала ускорения протонов (первые минуты до начала жесткого рентгеновского излучения с энергиями  $> 100$  кэВ); 3) жесткого рентгеновского излучения  $> 100$  кэВ или микроволнового излучения ( $> 3$  ГГц), которые показывают интенсивность и длительность работы ускорителя электронов (единицы и десятки минут до прихода протонов с энергиями  $> 100$  МэВ); 4) радиоизлучения на плазменных частотах ( $< 1000$  МГц), показывающего развитие вспышечного процесса вверх в корону и ведущего к корональному выбросу массы за несколько минут до начала радиовсплесков II и IV типов (первые десятки минут до появления коронального выброса массы в поле зрения коронографа); 5) направление и скорость распространения корональных выбросов массы, которые определяют условия выхода ускоренных протонов в гелиосферу. Эти этапы солнечных протонных вспышек иллюстрируются наблюдениями протонных событий 2–9 августа 2011 г. Для количественного предсказания времени начала, максимума и величины протонного потока, а также его флюенса необходимо создание статистических регрессионных

моделей, основанных на всех перечисленных характеристиках прошедших солнечных протонных событий.

**24.05-01.254 Эволюция характеристик вертикального электрического тока и магнитного поля в активных областях солнца и их связь с мощными вспышками. Нечаева А.Б., Зимовец И.В., Зубик В.С., Шарыкин И.Н. Геомагнетизм и аэрономия. 2024. 64, № 2, с. 175-198. Рус.**

Изучение эволюции магнитного поля и электрических токов в активных областях Солнца на длительном интервале времени представляет интерес для понимания процессов накопления и выделения энергии в них, приводящих к разнообразным явлениям, оказывающим влияние на космическую погоду. В этой работе на основе фотосферных векторных магнитограмм инструмента Helioseismic and Magnetic Imager на борту Solar Dynamics Observatory был проведен анализ эволюции ряда характеристик магнитного поля и вертикального электрического тока в трех активных областях 11158, 11675 и 12673, производящих вспышки классов M и X, на протяжении времени от их зарождения в восточном полушарии, во время прохождения по солнечному диску и до исчезновения вблизи западного лимба с шагом 2 часа. Рассматриваемые характеристики включали в себя: показатель степенной функции плотности вероятности абсолютного значения плотности вертикального электрического тока, максимум абсолютного значения плотности вертикального тока, знаковый и беззнаковый вертикальный ток, беззнаковые вертикальный и горизонтальный магнитные потоки, энергия нелинейного бессилового и потенциального магнитного поля, свободная магнитная энергия, а также количество островов с сильными вертикальными токами. Найлены некоторые закономерности в поведении рассматриваемых характеристик при эволюции активных областей, в частности относительно возникновения вспышек. Рассчитаны коэффициенты корреляции между парами всех рассматриваемых характеристик. Дополнительно, показана перспективность подхода М. Ашванде-на для прогнозирования максимального рентгеновского класса вспышки на основе вычисления энергии потенциального магнитного поля в активных областях. Полученные результаты могут использоваться при прогнозировании мощных солнечных вспышек.

**24.05-01.255 Солнечный цикл Швабе в 1000—1700 гг.: вариации длины и амплитуды. Птицына Н.Г., Деммина И.М. Геомагнетизм и аэрономия. 2024. 64, № 2, с. 217-229. Рус.**

Одной из наиболее существенных особенностей солнечной активности является ее изменчивость в широком диапазоне периодов при доминировании 11-летнего цикла или цикла Швабе. В данной работе проведен веивлет-анализ данных о солнечной активности в 1000—1700 гг., полученных с использованием числа полярных сияний с учетом вклада геомагнитного поля. Полученные результаты демонстрируют стабильное наличие 11-летнего цикла в течение всего интервала времени 1000—1700 гг. Найдено, что в 1000—1350 гг. наблюдается систематическое увеличение длины цикла Швабе, после чего прослеживается ее падение. При этом длина солнечного цикла увеличивается во время гранд-минимумов Оорта (13 лет), Вольфа (14 лет) и Шперера (14—15 лет). Получено, что корреляция между амплитудой и длиной солнечного цикла сохранялась на всём промежутке времени 1000—1700 гг., но знак её менялся. Кроме того, получено, что корреляция между амплитудой цикла и длиной предыдущего цикла сильнее, чем корреляция между амплитудой и длиной того же самого цикла. Этот результат аналогичен известному ранее для инструментальных рядов. Однако мы показали, что эта закономерность сохраняется на значительно более длинном временном интервале, причем она не зависит от знака корреляции. В работе также получены указания на существование солнечной активности в 1000—1550 гг. вариации с периодом 30—40 лет.

**24.05-01.256 Космические лучи сверхвысоких энергий: источники, процессы ускорений и явления ГЗК. Помимова В.А., Трошин И.Ю. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2024, № 3, с. 2430201. Рус.**

Космические лучи сверхвысоких энергий (КЛСВЭ) достига-

ют энергией 1020 эВ, что в миллион раз превосходит энергию, достигаемую на искусственных ускорителях частиц. Прилёт частиц высокой энергии из космоса происходит нечасто, поэтому требуются детекторы с большой площадью для регистрации таких событий. Необходимо понимать, какие известные эффекты могут ускорять и замедлять частицы до таких энергий. Верхним ограничением по энергии является эффект Грейзена—Зацепина—Кузьмина (ГЗК). Этот процесс существенно ограничивает величину возможного расстояния до источников, и он должен приводить к подавлению высокоэнергетической части спектра. В работе проводится анализ эффекта ГЗК для ядер от водорода до железа.

**24.05-01.257 Разработка цифровой версии системы распознавания космического мусора на базе искусственного интеллекта. Шавшин А.А., Давыдов В.В., Болдарев Д.А., Дмитриев Р.А., Клименко Д.Ю., Худина А.А. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2024, № 3, с. 2431204. Рус.**

Обоснована актуальность разработки системы распознавания космического мусора на базе искусственного интеллекта. Разработана цифровая версия системы распознавания космического мусора на базе искусственного интеллекта, которая может служить основой для создания полноценной системы. Проведена разработка кода искусственного интеллекта, его обучения и тестирования на экспериментальных данных. Установлено, что созданная цифровая версия системы распознавания космического мусора на базе искусственного интеллекта имеет потенциал для успешного детектирования и классификации космического мусора на орбите планеты Земля.

**24.05-01.258 Моделирование комптоновского поляриметра СГС/Чибис-АИ. Мкртчян А.А., Позаненко А.С., Минаев П.Ю. Ученые записки физического ф-та МГУ. 2024, № 4, <http://uzmu.phys.msu.ru/toc/2024/> 4. Рус.**

Несмотря на многолетние исследования космических гамма-всплесков, остается много открытых вопросов о модели генерации гамма-излучения этими источниками. Предполагается, что измерение линейной поляризации излучения гамма-всплесков может дать ответ на ряд нерешенных вопросов физики явления. Принцип регистрации линейной поляризации гамма-излучения основан на анизотропии комптоновского рассеяния. Это свойство используется для разработки комптоновских поляриметров, которые представляют собой массив сегментированных скинтилляционных детекторов. В работе проведено моделирование комптоновского поляриметра СГС/Чибис-АИ, разрабатываемого в ИКИ РАН, с помощью программного пакета Geant4. Исследуется эффективность регистрации поляризации гамма-излучения таким детектором.

**24.05-01.259 Некомпланарная встреча на околоорбитальной орбите с помощью двигателя малой тяги. Баранов А.А., Оливко А.П. Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2024. 25, № 1, с. 7-20. Рус.**

Представлен метод, позволяющий вычислить параметры маневров, выполняемых на нескольких витках с применением двигателя малой тяги. Эти маневры обеспечивают перелет активного космического аппарата в пределы заданной области целевого космического объекта. Перелет осуществляется в окрестности круговой орбиты. Для решения данной задачи применяются упрощенные математические модели движения. Влияние нецентральности гравитационного поля и атмосферы в расчетах не учитывается. Процесс определения параметров маневров разбит на несколько этапов: на первом и третьем этапах параметры импульсного перехода и перехода, осуществляемого двигателем малой тяги, вычисляются с использованием аналитических методов. На втором этапе распределение маневрирования между витками, обеспечивающее успешное решение задачи встречи, определяется путем изменения одной переменной. Данный метод отличается простотой и высокой надежностью в определении параметров маневров, что делает его применимым на борту космических аппаратов. В рамках исследования также проведен анализ зависимости суммарной характеристической скорости решения задачи встречи от величины тяги двигателя. Параметры маневров могут быть уточнены с помощью итерационной процедуры, чтобы учесть основные воз-

мущения.

**24.05-01.260 Детектор ключевых точек для гиперспектральных космических изображений.** Касоев Г.Р. *Оптический журнал.* 2024. 91, № 11, с. 24-33. Рус.

Предмет исследования. Методы поиска ключевых точек в приложении к обработке многоканальных гиперспектральных изображений, полученных аппаратурой космического базирования с оптическим разделением каналов. Цель работы. Разработка или модификация детектора ключевых точек, учитывающего специфику гиперспектральных изображений — отличия сенсоров, различный уровень интенсивности и отношения сигнал/шум в каналах. Метод. В дополнение к панхроматическому пространственному распределению интенсивности, с которым обычно работают алгоритмы детектирования ключевых точек, используется спектральная информация видимого и инфракрасного диапазонов излучения. Основные результаты. В результате литературного анализа выбран детектор, превосходящий аналоги по скорости обработки изображений — Oriented FAST and rotated BRIEF. Выявлена основная проблема, препятствующая применению данного детектора к изображениям из отдельных спектральных каналов как к изображениям в градациях серого: недостаточный контраст изображений, что приводит к детектированию низкого количества качественных ключевых точек. Увеличено количество распознанных ключевых точек путем добавления спектральной информации в алгоритм обработки. Модификация алгоритма отгестирована на данных космического гиперспектрометра Hyperion. Алгоритм сравнивается с обычным детектором Oriented FAST and rotated BRIEF совместно с гистограммной коррекцией контраста и детектором Oriented FAST and rotated BRIEF с понижением порога детектирования. Предложенная модификация точнее на 11% и быстрее в среднем на 20%. Практическая значимость. Полученный алгоритм послужит основой для совмещения изображений, полученных гиперспектральной камерой с базированием на Международной космической станции с разделенными оптическими каналами видимого и инфракрасного диапазонов излучения.

**24.05-01.261 Гартманометр и интерферометр Физо: сравнительный анализ устройств в задачах контроля качества оптических поверхностей.** Галактионов И.В., Качистин А.Н., Шелдакова Ю.В., Топоровский В.В., Абдулразак С.Х., Кудряшов А.В. *Оптический журнал.* 2024. 91, № 11, с. 43-53. Рус.

Предмет исследования. Оптомеханическое устройство как альтернатива интерферометру Физо для задач контроля качества оптических поверхностей. Цель работы. Разработка и исследование метрологического устройства для измерения плоскостности оптической поверхности. Сравнение результатов измерений, полученных при использовании разработанного устройства и интерферометра Физо. Метод. Измерение волнового фронта излучения, отраженного от исследуемой оптической поверхности, с помощью датчика Шака—Гартмана. Основные результаты. В результате исследований было разработано принципиально новое устройство, названное гартманометром. Представлен метод его калибровки, а также приведено сравнение результатов измерения тестовой оптической поверхности с использованием разработанного устройства и классического интерферометра Физо. Общая амплитуда искажений волнового фронта, измеренная с помощью интерферометра Физо, составила 0,127 мкм (среднеквадратическое отклонение 0,022 мкм), с помощью гартманометра — 0,131 мкм (среднеквадратическое отклонение 0,024 мкм). Практическая значимость. Разработанное устройство может служить более надежной и бюджетной альтернативой интерферометру Физо в задачах контроля качества оптических поверхностей.

**24.05-01.262 Нагрев молекулярного облака первичной черной дырой.** Мелихов А.Н. *Ж. эксперим. и теор. физ.* 2024. 166, № 5, с. 518-631. Рус.

Рассмотрен нагрев молекулярного облака фотонами, излученными первичной черной дырой (ПЧД), расположенной внутри облака. Для графитовых и силикатных пылинок построена зависимость температуры пыли как функции расстояния до ПЧД, а также спектр излучения пылинок. Полученный спектр

сравнивается с чувствительностью космической обсерватории «Миллиметрон» для различных значений концентрации и размера пылинок и разных масс ПЧД.

**24.05-01.263 Возможна ли циклическая модель Вселенной в Релятивистской Теории Гравитации?** Чугреев Ю.В. *Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия.* 2024. 79, № 4, с. 2440102. Рус.

Новая модель Темной Энергии предложена в рамках плоской фридмановской модели в РТГ с глобальным скалярным полем  $\Phi$  с квадратичным потенциалом, которое обеспечивает космологическое ускорение в настоящее время и отскок на поздних временах. На стадии сжатия растущая анизотропия казнеровского типа разрушает механизм отскока вблизи Большого Взрыва. Циклическая FLRW -модель в РТГ возможна лишь если добавить в нее некоторые экзотические поля типа галилеонов и т.п. Существует и неосциллирующий сценарий при достаточно малых значениях массы гравитона, когда такие члены существенны только на конечной стадии расширения. На этапе сжатия анизотропия будет расти и плотность вещества достигнет планковской величины.

**24.05-01.264 Подавление эффекта параметрической неустойчивости в гравитационно-волновом детекторе LIGO Voyager.** Стрыгин С.Е. *Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия.* 2024. 79, № 4, с. 2440301. Рус.

Проведен расчет числа неустойчивых комбинаций упругих и стоксовых оптических мод гравитационно-волнового детектора LIGO Voyager, частот и пространственных распределений векторов смещений упругих мод зеркал. Рассчитаны значения коэффициентов перекрытия неустойчивых мод вплоть до оптических мод девятого порядка с учетом азимутального условия параметрической неустойчивости. Выполнен анализ влияния температурной зависимости модуля Юнга материала зеркал на число неустойчивых мод в резонаторе Фабри—Перо.

**24.05-01.265 Прецессия звездных колец в центре Галактики.** Кондратьев Б.П., Ключинский К.А. *Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия.* 2024. 79, № 5, с. 2450801. Рус.

Исследуется динамика двух взаимодействующих концентрических широких звездных колец, расположенных вокруг сверхмассивной черной дыры в центральном парсеке Галактики. Самое массивное из них — кольцо с обратным движением звезд (известное в литературе как «clockwise» диск) моделируется R-диск с небольшим вырезом в центре. Другое кольцо, с прямым движением звезд («counter-clockwise» диск), представлено тонким круговым колечком с наклоном  $\alpha \approx 62^\circ$  к плоскости R-диска. Из наблюдений известны массы этих колец M1, M2 ( $M1/M2 \approx 60$ ), их геометрические параметры и пространственная ориентация. Найдены взаимная гравитационная энергия  $W_{mut}$  и момент сил между кольцами, построены графики этих величин в зависимости от угла наклона  $\alpha$ . Вычислены угловые моменты колец  $L^{(1)}$  и  $L^{(2)}$ , отношение которых  $L^{(1)}/L^{(2)} \approx 23.4$ . Для системы колец определена плоскость Лапласа и углы её ориентации. Установлено, что взаимное возмущение вращающихся колец приводит к прецессии узлов с периодом  $T_\Omega \approx 3.53 \cdot 10^{51}$  лет. Линии узлов обоих колец в плоскости Лапласа движутся с одинаковой угловой скоростью, но в противоположных направлениях. Это объясняет известный из наблюдений большой угол расхождения линий узлов.

**24.05-01.266 Свойства центральных областей гало темной материи в модели с бампом в спектре мощности возмущений плотности.** Ерошенко Ю.Н., Лукаш В.Н., Мигеева Е.В., Пилипенко С.В., Ткачев М.В. *Письма в ЖЭТФ.* 2024. 120, № 2, с. 83-90. Рус.

Телескопом им. Дж. Уэбба было обнаружено неожиданно большое число галактик с массами  $\sim 10^9 - 10^{10} M_\odot$  на красных смещениях  $z \geq 9$ . Возможным объяснением повышения функции масс может служить наличие локального максимума (бампа) в спектре мощности возмущений плотности на соответствующем масштабе. В данной работе мы отмечаем, что одновременно с ростом функции масс, галактики из области бампа должны иметь большую плотность (компактность) по сравнению с космологическими моделями без бампа. Эти более компактные галактики частично вошли в состав больших галактик и

подверглись приливному гравитационному разрушению. Они в меньшей степени, чем “обычные” галактики той же массы, поддавались разрушению, и часть из них могли дожить до  $z=0$  и сохраниться на периферии некоторых галактик. Мы провели численное моделирование образования и эволюции компактных гало в кубе  $(47 \text{ Мпк})^3$  с  $(1024)^3$  частиц темной материи в диапазоне красных смещений от 120 до 0 и обсудили наблюдательные следствия наличия таких галактик в современной Вселенной.

**24.05-01.267** К вопросу о плазменно-пылевых процессах в физике комет. *Попель С.И., Голубь А.П., Зеленый Л.М. Письма в ЖЭТФ.* 2024. 120, № 5, с. 317-325. Рус.

Рассмотрены плазменно-пылевые процессы в физике комет. На основе физико-математической модели для самосогласованного описания концентраций фотоэлектронов и пылевых частиц над поверхностью освещенной части ядра кометы определены функции распределения фотоэлектронов, высотные зависимости зарядов и размеров пылевых частиц, а также электрических полей. Показано, что плазменно-пылевые процессы имеют существенные проявления в ситуациях, когда комета находится достаточно далеко от Солнца. Для кометы, характеризующей параметрами ядра, близкими к параметрам ядра кометы Галлея, пылевая плазма в окрестности ядра кометы формируется за счет электростатических взаимодействий, т.е. аналогично формированию пылевой плазмы вблизи других безатмосферных тел (таких, например, как Луна, спутники Марса, астероиды), если расстояние от кометы до Солнца не меньше  $\sim(2.5-3.5)$  а.е. Если же комета находится на более близких расстояниях от Солнца, то динамику пылевых частиц определяет газовый поток от ядра кометы.

**24.05-01.268** Поле тяготения сплошной самогравитирующей среды и “темная материя”. *Журавлев В.М. Письма в ЖЭТФ.* 2024. 120, № 6, с. 400-408. Рус.

Предлагается способ описания эффекта скрытой массы или “темной материи”. Подход основан на новом общем решении уравнения Пуассона для напряженности поля тяготения в самогравитирующей сплошной среде. Это решение является следствием теории пространства и материи, альтернативной Общей теории относительности. Выведены условия, позволяющие установить, в каких случаях полученное решение описывает классическое поле тяготения ньютоновской теории, а в каких приводит к появлению эффекта скрытой массы. Полученное представление для напряженности гравитационного поля анализируется в рамках модели динамического равновесия дисковых галактик, на основе чего обсуждается вопрос возможности описания наблюдаемых свойств эффекта скрытой массы в рамках такого подхода.

**24.05-01.269** Оценка состава космических лучей сверхвысоких энергий методом мюонной корреляции по данным Якутской установки ШАЛ. *Глушков А.В., Ксенофонтов Л.Т., Лебедев К.Г., Сабуров А.В. Письма в ЖЭТФ.* 2024. 120, № 6, с. 409-416. Рус.

Предложен к рассмотрению новый метод оценки массового состава космических лучей в отдельно взятых событиях с энергией выше  $1.25 \cdot 10^{19}$  эВ. Этот метод основан на совместном анализе экспериментально измеренных и вычисленных по модели QGSjet-II.04 данных мюонов с пороговой энергией  $E_\mu = 1.0 \cdot \cos^2 \theta$  ГэВ в ливнях с зенитными углами меньше 60 градусов. Были использованы данные наземных и подземных сцинтилляционных детекторов Якутской установки ШАЛ. Обнаружены отдельные группы ядер и других первичных частиц.

**24.05-01.270** Альтернативная идея об источнике барионной асимметрии во Вселенной. *Вергелес С.Н. Письма в ЖЭТФ.* 2024. 120, № 7, с. 481-489. Рус.

Предложен альтернативный сценарий возникновения барионной асимметрии во Вселенной. Этот сценарий реализуется в модели решетчатой гравитации, связанной с дираковским полем, следующим образом. При сверхвысоких температурах порядка Великого Объединения  $T_c \sim 10^{18}$  ГэВ и выше система находится в  $PT$ -симметричной фазе. Но при понижении температуры происходит фазовый переход в несимметричную фазу, в которой появляется ненулевая тетрада, т.е. пространство-время с

метрикой Минковского, и волновая функция системы распадается на две:  $| \rangle = | + \rangle + | - \rangle$ . Поля тетрад в состояниях  $| + \rangle$  и  $| - \rangle$  различаются знаком. В самый первый момент времени длительностью порядка планковского возможен переход фермионов между этими состояниями. Эти переходы в разных участках пространства не скоррелированы между собой. Поэтому окончательная асимметрия фермионного заряда между этими состояниями относительно чрезвычайно мала, и она сохраняется во времени, так как взаимодействие состояний  $| + \rangle$  и  $| - \rangle$  прекращается на временах больше планковского.

**24.05-01.271** Эволюция углеродных частиц от стадии звезд асимптотической ветви гигантов до планетарных туманностей: наблюдения, эксперименты, теория. *Мурга М.С. УФН.* 2024. 194, № 10, с. 1017-1045. Рус.

Представлен обзор исследований, посвященных эволюции углеродных частиц на этапах от оболочек звезд асимптотической ветви гигантов до планетарных туманностей. Тема эволюции углеродных частиц освещена с нескольких сторон: обобщены наблюдательные данные; рассмотрены механизмы формирования ароматических молекул и их кластеризации; описаны условия образования углеродных частиц в оболочках звезд и условия, в которых они дальше эволюционируют в протопланетарных и планетарных туманностях; приведены результаты экспериментов по созданию аналогов межзвездной пыли и анализ их характеристик и, наконец, представлены возможные эволюционные сценарии для углеродных частиц. Особое внимание уделено молекулам фуллерена, так как они играют важную роль в построении целостной картины эволюции. Их наличие и неоднородное распределение указывают на то, что в зависимости от условий формирования углеродных частиц может протекать по двум ветвям: через планарные и через непланарные ароматические молекулы.

**24.05-01.272** Гравитационное поле однородного куба. Классический и релятивистский случай. *Макаров В.Н., Шлейгер Л.А., Карасев А.А. Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки.* 2024. 28, № 2, с. 302-323. Рус.

Вопрос исследования гравитационного поля тел сложной формы (не относящейся к шарообразной) представляет большой интерес для геофизики, астрофизики, математической физики и других областей. Статья состоит из двух частей. В первой части представлен краткий литературный обзор различных методов расчета потенциала гравитационного поля однородного куба в рамках классической механики: получение аналитического решения; как частный случай задачи нахождения гравитационного поля полиэдра; методом конечных элементов; методом мультипольного разложения. Более подробно проанализирован метод расчета потенциала гравитационного поля однородного куба с помощью аналитического решения и мультипольного разложения. Во второй части статьи описан релятивистский случай гравитационного поля однородного куба в рамках постньютоновского формализма в первом и втором приближении. Данный метод расчета выбран по причине чрезвычайной сложности получения решения с помощью уравнений Эйнштейна. Ранее подобные задачи для тел с формой куба не рассматривались. Для решения задачи выбрана физическая модель — координатный равновесный куб, заполненный несжимаемой жидкостью с нулевой скоростью и постоянной плотностью. Получены релятивистские поправки для временной и пространственной координаты. Получен точный аналитический вид этих поправок для области вне куба, а также компоненты метрического тензора. Дано краткое сравнение полученных результатов для релятивистского случая с результатами классического ньютоновского случая. Для области внутри куба решение получено с помощью численных методов. Полученные результаты с достаточной точностью определяют параметры гравитационного поля для однородного куба, рассмотренного в рамках релятивистского подхода. Основное приложение этой задачи в рамках релятивистской физики относится к области математической физики (или, шире, математики).

См. также **24.05-01.6, 24.05-01.7, 24.05-01.35, 24.05-01.36, 24.05-01.187, 24.05-01.195, 24.05-01.196, 24.05-01.197**



## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

## К

Konovalov R. 24.05-01.22  
 Konovalov S. 24.05-01.22  
 Konovalova V. 24.05-01.22

## А

Абдуллин Р.Н. 24.05-01.150  
 Абдулразак С.Х. 24.05-01.261  
 Абузяров М.Х. 24.05-01.113  
 Абунин А.А. 24.05-01.252  
 Абунина М.А. 24.05-01.252  
 Агапова Д.В. 24.05-01.62  
 Алабужев А.А. 24.05-01.16  
 Алгазин С.Д. 24.05-01.26, 24.05-01.27  
 Алексеев И.И. 24.05-01.205  
 Алексеев И.Ю. 24.05-01.213  
 Алымов М.И. 24.05-01.129  
 Амромин Э.Л. 24.05-01.14  
 Андреасян Р.Р. 24.05-01.221  
 Андреенок А.О. 24.05-01.117  
 Андрианов А.С. 24.05-01.220  
 Андропов А.С. 24.05-01.98,  
 24.05-01.159  
 Андросов А.В. 24.05-01.172  
 Аносов А.А. 24.05-01.67  
 Антонюк К.А. 24.05-01.213  
 Арбузов А.Б. 24.05-01.196  
 Арсентьев Д.А. 24.05-01.126  
 Асадчиков В.Е. 24.05-01.154  
 Афонина Е.В. 24.05-01.45  
 Ахмедсафин Р.Д. 24.05-01.148  
 Ахунзянова К.А. 24.05-01.31,  
 24.05-01.130  
 Ашитков С.И. 24.05-01.57  
 Аюков С.В. 24.05-01.227

## Б

Бабаков А.В. 24.05-01.29  
 Бабанов О.Е. 24.05-01.167  
 Бабенко В.В. 24.05-01.98,  
 24.05-01.104, 24.05-01.159  
 Бабин С.А. 24.05-01.156  
 Багно С.С. 24.05-01.68  
 Баженов В.В. 24.05-01.150  
 Байкова А.Т. 24.05-01.222  
 Баранов А.А. 24.05-01.259  
 Баранов В.Л. 24.05-01.37  
 Басараб М.А. 24.05-01.43  
 Баскакова А.Е. 24.05-01.64  
 Баулин Д.А. 24.05-01.111  
 Баушев О.Ю. 24.05-01.142  
 Беленькая Е.С. 24.05-01.205,  
 24.05-01.224  
 Беликова А.Ф. 24.05-01.129  
 Белов А.В. 24.05-01.252  
 Белов С.В. 24.05-01.152  
 Белова О.М. 24.05-01.251  
 Беляев Р.В. 24.05-01.67  
 Берсенев Ю.В. 24.05-01.132  
 Бескакотов А.С. 24.05-01.241  
 Блинов В.С. 24.05-01.164  
 Блинов Д.А. 24.05-01.82,  
 24.05-01.141  
 Блинова Е.Ю. 24.05-01.164  
 Бобылев В.В. 24.05-01.222  
 Богачев С.А. 24.05-01.217  
 Богданов И.Ш. 24.05-01.173  
 Богомазов А.И. 24.05-01.211  
 Боджона С.Д. 24.05-01.69  
 Боддарев Д.А. 24.05-01.257

Большакова А.В. 24.05-01.79  
 Бондаренко Ю.С. 24.05-01.238  
 Бондарь Н.И. 24.05-01.213  
 Борисов А.С. 24.05-01.72  
 Бочаров К.Г. 24.05-01.83  
 Бочаров Ф.Д. 24.05-01.114  
 Брацун Д.А. 24.05-01.25  
 Будадин О.Н. 24.05-01.156  
 Бузмаков А.В. 24.05-01.154  
 Букалов А.А. 24.05-01.144,  
 24.05-01.174  
 Булгаков К.Ю. 24.05-01.19,  
 24.05-01.21, 24.05-01.68,  
 24.05-01.76  
 Бульбович Р.В. 24.05-01.132  
 Буравова С.Н. 24.05-01.129  
 Бургин М.С. 24.05-01.223  
 Буриев А.М. 24.05-01.199  
 Буринский А.Я. 24.05-01.197  
 Бурхонов О.А. 24.05-01.211  
 Бусарев В.В. 24.05-01.218  
 Бутырский Е.Ю. 24.05-01.74  
 Бухарев А.А. 24.05-01.19  
 Быков Л.В. 24.05-01.131  
 Бычков К.В. 24.05-01.251

## В

Ваганов А.В. 24.05-01.142,  
 24.05-01.175  
 Вагапова Г.Ф. 24.05-01.139  
 Вагин А.В. 24.05-01.99  
 Васильев В.В. 24.05-01.74  
 Вахонин А.А. 24.05-01.234  
 Вахрушева А.А. 24.05-01.249  
 Вдовин В.В. 24.05-01.240  
 Вергелес С.Н. 24.05-01.270  
 Вибе Д.З. 24.05-01.236  
 Власов И.Ю. 24.05-01.227  
 Внучков В. 24.05-01.158  
 Волкова А.А. 24.05-01.81  
 Волошина И.Б. 24.05-01.212  
 Воронцов А.В. 24.05-01.160  
 Воронцов Д.С. 24.05-01.167  
 Воротынцева А.С. 24.05-01.141  
 Воскресенская С.А. 24.05-01.232  
 Вьюшкина И.А. 24.05-01.17

## Г

Гаврилов А.С. 24.05-01.240  
 Гаврилов В.А. 24.05-01.144,  
 24.05-01.174  
 Галактионов И.В. 24.05-01.261  
 Галанов Н.Г. 24.05-01.133  
 Галкин Я.А. 24.05-01.36  
 Гасанов С.А. 24.05-01.209  
 Гейко С.А. 24.05-01.188  
 Герке К.М. 24.05-01.191  
 Гильмутдинов А.Х. 24.05-01.163  
 Гильфанов М.Р. 24.05-01.232  
 Гиляров В.Л. 24.05-01.154  
 Глаголевский Ю.В. 24.05-01.242  
 Гладков С.О. 24.05-01.10, 24.05-01.11  
 Глазов А.Л. 24.05-01.153  
 Глазова Е.Г. 24.05-01.113  
 Глушков А.В. 24.05-01.269  
 Гнусова О.А. 24.05-01.127  
 Голованова М.В. 24.05-01.166  
 Голубев В.И. 24.05-01.78  
 Голубь А.П. 24.05-01.267  
 Горбани С. 24.05-01.49

Горелов А.А. 24.05-01.84,  
 24.05-01.95, 24.05-01.111  
 Горлин А.В. 24.05-01.177,  
 24.05-01.178, 24.05-01.182  
 Горунов А.И. 24.05-01.163  
 Горшанов Д.Л. 24.05-01.241  
 Горшков А.Б. 24.05-01.251  
 Горшков А.П. 24.05-01.218  
 Гребенев С.А. 24.05-01.230,  
 24.05-01.243  
 Греков А.Н. 24.05-01.100  
 Греков Н.А. 24.05-01.100  
 Григорьева И.Ю. 24.05-01.253  
 Гринин В.П. 24.05-01.246  
 Гуляев Ю.В. 24.05-01.60  
 Гусев И.В. 24.05-01.227  
 Гусева Е.К. 24.05-01.78

## Д

Давыдов В.В. 24.05-01.257  
 Дамаскинская Е.Е. 24.05-01.154  
 Даниленко В.Н. 24.05-01.137  
 Данилин А.Н. 24.05-01.187  
 Дементьев И.И. 24.05-01.51,  
 24.05-01.53, 24.05-01.54,  
 24.05-01.95  
 Демидова Т.В. 24.05-01.246  
 Демина И.М. 24.05-01.255  
 Демченко Л.А. 24.05-01.91,  
 24.05-01.104  
 Демьянюк Д.Н. 24.05-01.33  
 Денисов Е.А. 24.05-01.187  
 Джонмухаммади А.И. 24.05-01.198  
 Дилигенский Д.С. 24.05-01.47  
 Дмитриев Р.А. 24.05-01.257  
 Дравских А.Ф. 24.05-01.215  
 Дравских Ю.А. 24.05-01.215  
 Дьяченко В.В. 24.05-01.241

## Е

Елисеев А.В. 24.05-01.41  
 Емельяненко А.А. 24.05-01.164  
 Еникеев В.Н. 24.05-01.149  
 Епифанов В.П. 24.05-01.78  
 Еремеев В.Е. 24.05-01.249  
 Еремина Г.М. 24.05-01.28  
 Ермаков С.А. 24.05-01.97  
 Ермолаев В.И. 24.05-01.75  
 Ермолаева Е.Ю. 24.05-01.145  
 Ерофеев А.В. 24.05-01.67  
 Ерошенко Ю.Н. 24.05-01.266  
 Ершов В.В. 24.05-01.132

## Ж

Жаворонкова А.Д. 24.05-01.101  
 Жамков А.С. 24.05-01.227  
 Жаров В.Е. 24.05-01.227  
 Желтоухов С.Г. 24.05-01.207,  
 24.05-01.234  
 Жуков В.В. 24.05-01.248  
 Журавлев В.М. 24.05-01.268

## З

Завершинский Д.И. 24.05-01.62  
 Зайка В.В. 24.05-01.145, 24.05-01.179  
 Зайцев А.И. 24.05-01.70  
 Зайцев В.В. 24.05-01.237  
 Зайцев М.Ю. 24.05-01.132

Зайцев О.И. 24.05-01.114  
 Заславский В.Ю. 24.05-01.18  
 Заславский Ю.М. 24.05-01.18  
 Захарова Е.В. 24.05-01.88  
 Захваткин М.В. 24.05-01.225  
 Звегинцев А.А. 24.05-01.139  
 Зеленый Л.М. 24.05-01.267  
 Землянская Е.Р. 24.05-01.143  
 Земсков А.В. 24.05-01.66  
 Зимин А.В. 24.05-01.20  
 Зимовец И.В. 24.05-01.247,  
 24.05-01.254  
 Зицьковский Б.М. 24.05-01.238  
 Зиченков М.Ч. 24.05-01.44  
 Зо А. 24.05-01.11  
 Зубик В.С. 24.05-01.254  
 Зуй Нгуен Динь 24.05-01.42  
 Зыкова А.П. 24.05-01.160

## И

Иванов В.Г. 24.05-01.208  
 Иванов В.И. 24.05-01.155  
 Иванов Н.А. 24.05-01.108,  
 24.05-01.146  
 Игнатъев М.А. 24.05-01.33  
 Игнатъев Ю.Г. 24.05-01.202  
 Идрисова Т.К. 24.05-01.248  
 Измайлов И.С. 24.05-01.241  
 Иксанов Ф.Ф. 24.05-01.149  
 Инасаридзе Р.Я. 24.05-01.230  
 Иногамов Н.А. 24.05-01.57  
 Инюкина А.М. 24.05-01.102  
 Ионов Е.В. 24.05-01.115  
 Искандиров М.В. 24.05-01.151  
 Исправникова О.В. 24.05-01.30

## К

Каёв А.А. 24.05-01.175  
 Казаков Ю.В. 24.05-01.93,  
 24.05-01.181  
 Казуткина М.Е. 24.05-01.92  
 Калгаев В.В. 24.05-01.205,  
 24.05-01.249  
 Калинина Р.Р. 24.05-01.103  
 Калугина М.С. 24.05-01.64  
 Капорцева К.Б. 24.05-01.249  
 Караваев А.Ю. 24.05-01.149  
 Карасев А.А. 24.05-01.272  
 Карпов Н.В. 24.05-01.218  
 Карякин С.К. 24.05-01.152  
 Касоев Г.Р. 24.05-01.260  
 Касьянов А.В. 24.05-01.74  
 Катунин А.А. 24.05-01.85  
 Келлер И.В. 24.05-01.52  
 Кемеров А.С. 24.05-01.200  
 Кинжагулов И.Ю. 24.05-01.157  
 Киреев А.Н. 24.05-01.158  
 Киреева М.А. 24.05-01.158  
 Кирюшина М.А. 24.05-01.131  
 Киселёв А.К. 24.05-01.235  
 Киселёв Н.Н. 24.05-01.218  
 Клименко Д.Ю. 24.05-01.257  
 Ключинский К.А. 24.05-01.265  
 Ковалев Д.П. 24.05-01.72  
 Ковалев П.Д. 24.05-01.72  
 Коваленко М.С. 24.05-01.140  
 Козелков А.С. 24.05-01.133  
 Козельская С.О. 24.05-01.156  
 Козлов Н.В. 24.05-01.24  
 Козырев Н.А. 24.05-01.176  
 Козырева В.С. 24.05-01.211  
 Колбин П.Д. 24.05-01.128  
 Колесников В.И. 24.05-01.44

Колесов С.В. 24.05-01.79  
 Колмогоров В.С. 24.05-01.73  
 Кологрив К.А. 24.05-01.177  
 Колодийчук П.А. 24.05-01.65  
 Колпаков Д.А. 24.05-01.189  
 Кондратьев Б.П. 24.05-01.265  
 Кондрашов Г.А. 24.05-01.91,  
 24.05-01.104, 24.05-01.108  
 Коновалов А.В. 24.05-01.135  
 Коновалов Р.С. 24.05-01.54  
 Консон А.Д. 24.05-01.81  
 Коняшова К.А. 24.05-01.157  
 Копытский В.О. 24.05-01.129  
 Копись В.Ф. 24.05-01.132  
 Корельский Н.А. 24.05-01.165,  
 24.05-01.184  
 Коробов Н.П. 24.05-01.169  
 Королёв С.Н. 24.05-01.115  
 Коротин П.И. 24.05-01.17  
 Корчагин М.Н. 24.05-01.86  
 Корякин А.Н. 24.05-01.44  
 Косарев Н.И. 24.05-01.194  
 Косовичев А.Г. 24.05-01.247  
 Костенко И.С. 24.05-01.70  
 Костин М.Ю. 24.05-01.185  
 Костина А.О. 24.05-01.53,  
 24.05-01.54, 24.05-01.166  
 Костыря А.В. 24.05-01.15  
 Котов В.М. 24.05-01.58, 24.05-01.59  
 Котрч П. 24.05-01.251  
 Кохирова Г.И. 24.05-01.198,  
 24.05-01.199  
 Кочаровская Е.Р. 24.05-01.240  
 Кочаровский В.В. 24.05-01.240  
 Кочетков А.В. 24.05-01.113  
 Кочетков М.А. 24.05-01.113  
 Кочина О.В. 24.05-01.236  
 Кошечева М.А. 24.05-01.178  
 Кравчинский И.А. 24.05-01.40  
 Крайнова М.С. 24.05-01.68  
 Красников И.А. 24.05-01.91,  
 24.05-01.98, 24.05-01.104,  
 24.05-01.105, 24.05-01.108,  
 24.05-01.146, 24.05-01.159  
 Кривонос Р.А. 24.05-01.231  
 Кривоносов Ю.С. 24.05-01.154  
 Крюков Е.В. 24.05-01.186  
 Ксенофонтов Л.Т. 24.05-01.269  
 Кудряшов А.В. 24.05-01.261  
 Кузиванов Д.О. 24.05-01.157  
 Кузнецов Н.К. 24.05-01.41  
 Кузнецова И.В. 24.05-01.6  
 Кузькин В.М. 24.05-01.80  
 Кукаев А.С. 24.05-01.161  
 Кулебакин А.И. 24.05-01.112  
 Купряков Ю.А. 24.05-01.251  
 Купцова Т.Н. 24.05-01.137  
 Курилов А.Д. 24.05-01.61  
 Кустов О.Ю. 24.05-01.132

## Л

Лаврухин Е.В. 24.05-01.191  
 Лалин Н.И. 24.05-01.235  
 Лапинов А.В. 24.05-01.235  
 Лапинова С.А. 24.05-01.235  
 Латипов М.Н. 24.05-01.198  
 Лашевич В.В. 24.05-01.116,  
 24.05-01.117  
 Ле Н.Д. 24.05-01.39  
 Лебедев Д.В. 24.05-01.167  
 Лебедев К.Г. 24.05-01.269  
 Левин А.С. 24.05-01.37  
 Лежин Д.С. 24.05-01.47  
 Ленников А.С. 24.05-01.146,

24.05-01.159  
 Леонтьев Ю.Б. 24.05-01.75  
 Лепехина Т.К. 24.05-01.126  
 Леус М.В. 24.05-01.180  
 Лидванский А.С. 24.05-01.9  
 Лисс Н.И. 24.05-01.116, 24.05-01.117  
 Литвинов Д.А. 24.05-01.225  
 Ло Ч. 24.05-01.47  
 Лобастов М.М. 24.05-01.157  
 Лободин И.Е. 24.05-01.97  
 Логвиненко С.В. 24.05-01.240  
 Логинова А.С. 24.05-01.235  
 Ложкин Д.В. 24.05-01.103  
 Лоскутов Е.М. 24.05-01.240  
 Лукаш В.Н. 24.05-01.203,  
 24.05-01.266  
 Лукин А.В. 24.05-01.23, 24.05-01.34  
 Лунин Б.С. 24.05-01.43  
 Лунин Р.О. 24.05-01.121  
 Луньков А.А. 24.05-01.69  
 Львовский А.С. 24.05-01.87  
 Любимова Т.П. 24.05-01.147

## М

Мажайцев Е.А. 24.05-01.168  
 Макаров В.Н. 24.05-01.272  
 Максимов А.Ф. 24.05-01.241  
 Малевинский Д.Д. 24.05-01.33  
 Малофеев В.М. 24.05-01.240  
 Малых Д.В. 24.05-01.126  
 Мальцева Н.В. 24.05-01.119,  
 24.05-01.121  
 Малюкова М.А. 24.05-01.118  
 Мамлеев Т.С. 24.05-01.137  
 Мансфельд А.Д. 24.05-01.67  
 Маркова Л.В. 24.05-01.94  
 Мартышина И.П. 24.05-01.28  
 Марчевский И.К. 24.05-01.221  
 Маршалов Д.А. 24.05-01.238  
 Маслеева О.В. 24.05-01.186  
 Матвеев А.В. 24.05-01.200  
 Матвеев Г.А. 24.05-01.36  
 Матвиенко Ю.В. 24.05-01.80  
 Медведев П.С. 24.05-01.232  
 Медведский А.Л. 24.05-01.44  
 Мелихов А.Н. 24.05-01.262  
 Мелкумян А.А. 24.05-01.252  
 Мереминский И.А. 24.05-01.231  
 Мерсон Д.Л. 24.05-01.155  
 Метлов В.Г. 24.05-01.212  
 Мещеряков А.В. 24.05-01.232  
 Мидили А.И. 24.05-01.114,  
 24.05-01.115, 24.05-01.119  
 Миллюков В.К. 24.05-01.227  
 Минаев П.Ю. 24.05-01.230,  
 24.05-01.258  
 Мирзаде Ф.Х. 24.05-01.190  
 Миронов А.П. 24.05-01.219  
 Миронов А.С. 24.05-01.41  
 Митрофанова А.А. 24.05-01.241  
 Михайлов А.Г. 24.05-01.238  
 Михайлов Е.А. 24.05-01.221  
 Михасев Г.И. 24.05-01.39  
 Михеева Е.В. 24.05-01.203,  
 24.05-01.266  
 Михневич В.О. 24.05-01.210  
 Мкртчян А.А. 24.05-01.258  
 Можарова Н.А. 24.05-01.85,  
 24.05-01.88  
 Мокшина М.А. 24.05-01.126  
 Молевич Н.Е. 24.05-01.62  
 Молчанов А.М. 24.05-01.131  
 Мосичкин Д.Н. 24.05-01.200  
 Муратиков К.Л. 24.05-01.153

Мурга М.С. 24.05-01.271  
Мурыгин Д.А. 24.05-01.191  
Мухина Н.И. 24.05-01.129  
Мышьяков И.И. 24.05-01.247

## Н

Наговицын Ю.А. 24.05-01.208  
Напалков С.Б. 24.05-01.52,  
24.05-01.85  
Неклюдова А.В. 24.05-01.98  
Нестерёнок А.В. 24.05-01.239  
Нестеров А.В. 24.05-01.200  
Нефедов С.Д. 24.05-01.37  
Нечаев И.Ю. 24.05-01.35  
Нечаева А.Б. 24.05-01.254  
Низамов Б.А. 24.05-01.244  
Никитенко А.А. 24.05-01.196  
Никитин А.Н. 24.05-01.261  
Никитин В.В. 24.05-01.125  
Никитин П.А. 24.05-01.56  
Никифоров С.А. 24.05-01.163  
Никишев Г.Э. 24.05-01.207  
Николаева О.Д. 24.05-01.106  
Никулина С.А. 24.05-01.147  
Новиков В.К. 24.05-01.117  
Новиков Д.К. 24.05-01.47  
Новичонок А.О. 24.05-01.230  
Новосадов Б.К. 24.05-01.193  
Носов М.А. 24.05-01.79

## О

Оленева В.А. 24.05-01.252  
Оливно А.П. 24.05-01.259  
Онучин Е.С. 24.05-01.187  
Орлов И.С. 24.05-01.89, 24.05-01.90  
Осипова А.А. 24.05-01.208  
Останин Д.В. 24.05-01.145,  
24.05-01.179  
Островский Д.Б. 24.05-01.50

## П

Панков Н.С. 24.05-01.230  
Папкова Ю.И. 24.05-01.77  
Парамонова А.И. 24.05-01.169  
Паркачева О.В. 24.05-01.151  
Пахомов Ю.В. 24.05-01.233  
Пашенко Р.А. 24.05-01.134  
Переселков С.А. 24.05-01.80  
Перминов А.В. 24.05-01.147  
Песоцкий А.В. 24.05-01.85  
Петников В.Г. 24.05-01.69  
Петро Е.В. 24.05-01.129  
Петров И.Б. 24.05-01.78  
Петухов Я.И. 24.05-01.186  
Пешков Р.А. 24.05-01.30  
Пешкова К.Ю. 24.05-01.67  
Пиваев М.Д. 24.05-01.20  
Пилипенко С.В. 24.05-01.225,  
24.05-01.266  
Пиневский Л.М. 24.05-01.179  
Писарев П.В. 24.05-01.31,  
24.05-01.130  
Пискаль В.В. 24.05-01.248  
Пискун Н.В. 24.05-01.23, 24.05-01.34  
Пить Н.В. 24.05-01.213  
Пичугин С.Ю. 24.05-01.62  
Поданов А.С. 24.05-01.142  
Позаненко А.С. 24.05-01.230,  
24.05-01.258  
Полетаев Д.А. 24.05-01.180  
Политько К.Н. 24.05-01.44  
Полников П.А. 24.05-01.120

Поминова В.А. 24.05-01.256  
Попель С.И. 24.05-01.267  
Попов В.А. 24.05-01.8  
Попов И.А. 24.05-01.23, 24.05-01.34  
Попов И.П. 24.05-01.195  
Попов М.В. 24.05-01.214,  
24.05-01.223  
Потапычев С.Н. 24.05-01.75  
Прийма А.В. 24.05-01.73  
Прокофьева А.Д. 24.05-01.181  
Прохорова М.Е. 24.05-01.6  
Прохорова В.А. 24.05-01.55  
Птицына Н.Г. 24.05-01.255  
Пширков М.С. 24.05-01.244

## Р

Радионыхчев Е.В. 24.05-01.63  
Расстегаев Д.А. 24.05-01.241  
Расстегаев И.А. 24.05-01.155  
Расстегаева И.И. 24.05-01.155  
Рахматуллина А.Р. 24.05-01.150  
Реза Каши Заде К. 24.05-01.49  
Ремшев Е.Ю. 24.05-01.64  
Репин С.В. 24.05-01.203  
Родькин Д.Г. 24.05-01.216  
Розов А.К. 24.05-01.4К  
Розов А.Л. 24.05-01.189  
Романенков Д.А. 24.05-01.20  
Ромашевский С.А. 24.05-01.57  
Ромашенко Д.Д. 24.05-01.21  
Руденко О.В. 24.05-01.48  
Руменских М.С. 24.05-01.237  
Румянцев Н.А. 24.05-01.177  
Русина Н.Ю. 24.05-01.189  
Рылов И.Ю. 24.05-01.170  
Рябов В.А. 24.05-01.248  
Ряцкиев Д.С. 24.05-01.62,  
24.05-01.62

## С

Сабуров А.В. 24.05-01.269  
Садовский А.М. 24.05-01.253  
Садыков Т.Х. 24.05-01.248  
Садырова А.К. 24.05-01.168  
Сазонов С.Ю. 24.05-01.231  
Салин М.Б. 24.05-01.17  
Самигуллина А.Р. 24.05-01.202  
Самсонова Т.Е. 24.05-01.200  
Санникова Т.Н. 24.05-01.228  
Сатовский Б.Л. 24.05-01.211  
Сафаров С.Н. 24.05-01.199  
Сейдгазов Р.Д. 24.05-01.190  
Селезнев А.Ф. 24.05-01.210  
Селезнев И.А. 24.05-01.95  
Семенов Д.А. 24.05-01.93,  
24.05-01.94  
Семёнова Е.Г. 24.05-01.125  
Семенова Е.Г. 24.05-01.143  
Семёнова Е.Г. 24.05-01.168  
Семенцов В.Н. 24.05-01.227  
Семенцов К.А. 24.05-01.79  
Сергеев А.А. 24.05-01.137  
Сергеев В.Ф. 24.05-01.2К  
Сергеенкова И.В. 24.05-01.234  
Сидоров Д.Д. 24.05-01.69  
Симонова Г.С. 24.05-01.93,  
24.05-01.94  
Сираев Р.Р. 24.05-01.25  
Скопцова Е.В. 24.05-01.62  
Слемзин В.А. 24.05-01.216  
Смирнов А.О. 24.05-01.178,  
24.05-01.182  
Смирнов А.С. 24.05-01.40

Смирнова О.В. 24.05-01.171  
Смирнова Т.В. 24.05-01.214  
Смолин А.Ю. 24.05-01.28  
Соков Е.Н. 24.05-01.241  
Сокова И.А. 24.05-01.241  
Соколенко Б.В. 24.05-01.180  
Соколов Д.А. 24.05-01.101  
Соколов И.И. 24.05-01.64  
Соловьева А.Д. 24.05-01.54  
Сорвина М.А. 24.05-01.161  
Софьина Е.В. 24.05-01.20  
Старцева И.А. 24.05-01.235  
Степанов Б.Г. 24.05-01.96  
Степанова Е.Е. 24.05-01.182  
Степаченков Ю.А. 24.05-01.140  
Стреленко Т.Б. 24.05-01.83,  
24.05-01.101  
Струминский А.Б. 24.05-01.253  
Стрыгин С.Е. 24.05-01.264  
Султанов И.М. 24.05-01.206  
Сухарев А.А. 24.05-01.153  
Сухорукова О.С. 24.05-01.60  
Сыпало К.И. 24.05-01.44  
Сычев Е.Н. 24.05-01.100  
Сюняев Р.А. 24.05-01.232,  
24.05-01.243

## Т

Табаков А.А. 24.05-01.140  
Тарасенко А.С. 24.05-01.60  
Тарасенко С.В. 24.05-01.60  
Тарасенков А.Н. 24.05-01.207  
Тарасюк Ю.Ф. 24.05-01.3К  
Тарлаковский Д.В. 24.05-01.66  
Татарников А.М. 24.05-01.207,  
24.05-01.234  
Ташбулатов В.Д. 24.05-01.149  
Тимкин А.К. 24.05-01.183  
Тимошкин А.В. 24.05-01.201  
Тихонов А.А. 24.05-01.136  
Тихончук Е.А. 24.05-01.71  
Ткачев М.В. 24.05-01.266  
Толмачёв А.М. 24.05-01.235  
Топоровский В.В. 24.05-01.261  
Торопов К.В. 24.05-01.191  
Трошин И.Ю. 24.05-01.256  
Тумасова Н.В. 24.05-01.107  
Тхай В.Н. 24.05-01.226

## У

Усачева И.А. 24.05-01.17  
Устиновский Г.С. 24.05-01.143  
Утробин В.П. 24.05-01.245  
Утяганова В.Р. 24.05-01.160  
Утяшев И.М. 24.05-01.46  
Уханов И.Г. 24.05-01.36  
Ушаков В.М. 24.05-01.162

## Ф

Фатхелисламов А.Ф. 24.05-01.46  
Федотов М.Ю. 24.05-01.156  
Фельдштейн В.А. 24.05-01.187  
Ференци В.Н. 24.05-01.140  
Филеткин А.И. 24.05-01.225,  
24.05-01.227  
Филиппенко Г.В. 24.05-01.38  
Филиппов Б.П. 24.05-01.250  
Филиппов М.М. 24.05-01.165,  
24.05-01.184  
Фокина К.В. 24.05-01.76  
Фролов Д.И. 24.05-01.154

**Х**

Хабибуллин А.А. **24.05-01.230**  
Хайбрахманов С.А. **24.05-01.206**  
Хайкин В.Б. **24.05-01.219**  
Хайрулин И.Р. **24.05-01.63**  
Халид М.Р. **24.05-01.49**  
Халиуллина А.И. **24.05-01.204**  
Хамракулов Ф.Б. **24.05-01.211**  
Хамроев У.Х. **24.05-01.198**  
Хлюпин А.Н. **24.05-01.191**  
Ходаченко М.Л. **24.05-01.237**  
Холковский К.В. **24.05-01.121**  
Хорин А.Н. **24.05-01.13**  
Хорунжев Г.А. **24.05-01.232**  
Хохлов В.А. **24.05-01.57**  
Храмцов И.В. **24.05-01.132**  
Хрузина Т.С. **24.05-01.212**  
Худина А.А. **24.05-01.257**

**Ц**

Цаплев В.М. **24.05-01.54**

**Ч**

Чаликов Д.В. **24.05-01.76**  
Человеков И.В. **24.05-01.230**  
Черенкова Е.С. **24.05-01.132**  
Черкашнев С.А. **24.05-01.137**

Чернов С.В. **24.05-01.220**  
Чечёткина Е.А. **24.05-01.140**  
Чижонков Е.В. **24.05-01.32**  
Чилингаров А.О. **24.05-01.122**  
Чугай Н.Н. **24.05-01.245**  
Чугреев Ю.В. **24.05-01.263**  
Чурбанов А.Г. **24.05-01.12**

**Ш**

Шабанов А.Л. **24.05-01.91,**  
**24.05-01.108, 24.05-01.146**  
Шабанов В.А. **24.05-01.55,**  
**24.05-01.95, 24.05-01.169,**  
**24.05-01.171**  
Шавров В.Г. **24.05-01.60**  
Шавшин А.А. **24.05-01.257**  
Шаговиков А.В. **24.05-01.35**  
Шапочкин М.Б. **24.05-01.217**  
Шапошников В.Е. **24.05-01.237**  
Шаронова А.В. **24.05-01.207**  
Шарыкин И.Н. **24.05-01.247,**  
**24.05-01.254**  
Шаторная А.М. **24.05-01.123**  
Шаулов С.Б. **24.05-01.248**  
Шахт Н.А. **24.05-01.241**  
Шварц И.В. **24.05-01.163**  
Шейнман Е.Л. **24.05-01.102,**  
**24.05-01.106**  
Шелдакова Ю.В. **24.05-01.261**

Шенаврин В.И. **24.05-01.234**  
Шехтман Г.А. **24.05-01.138**  
Шилина Е.С. **24.05-01.107**  
Широков И.А. **24.05-01.131**  
Шиховцев А.Ю. **24.05-01.219**  
Шкода М.А. **24.05-01.124**  
Шлейгер Л.А. **24.05-01.272**  
Шлык Н.С. **24.05-01.252**  
Штукин Л.В. **24.05-01.34**  
Шугай Ю.С. **24.05-01.249**  
Шулькова Л.А. **24.05-01.137**  
Шумилов А.В. **24.05-01.150,**  
**24.05-01.152**  
Шуруп А.С. **24.05-01.48**

**Щ**

Щепетов А.Л. **24.05-01.248**  
Щербаков М.И. **24.05-01.67**  
Щербина М.П. **24.05-01.218**  
Щетинин Е.Ю. **24.05-01.192**  
Щетинина М.Г. **24.05-01.109**

**Я**

Ягудин А.Ф. **24.05-01.185**  
Яковлев Н.А. **24.05-01.125**  
Янке В.Г. **24.05-01.252**  
Янышев Д.С. **24.05-01.131**  
Ясников А.И. **24.05-01.110**

## УКАЗАТЕЛЬ ИСТОЧНИКОВ

## Журналы

- Авиакосмическое приборостроение. 2024, № 9 **24.05-01.35**  
Авиакосмическое приборостроение. 2024, № 10 **24.05-01.36**  
Акустический журнал. 2020. 66, № 6 **24.05-01.67**  
Акустический журнал. 2023. 69, № 6 **24.05-01.132**  
Астрономический журнал. 2024. 101, № 1 **24.05-01.203**,  
**24.05-01.204**, **24.05-01.205**, **24.05-01.206**, **24.05-01.207**,  
**24.05-01.208**  
Астрономический журнал. 2024. 101, № 2 **24.05-01.6**,  
**24.05-01.209**, **24.05-01.210**, **24.05-01.211**, **24.05-01.212**,  
**24.05-01.213**, **24.05-01.214**, **24.05-01.215**, **24.05-01.216**,  
**24.05-01.217**, **24.05-01.218**, **24.05-01.219**  
Астрономический журнал. 2024. 101, № 3 **24.05-01.220**,  
**24.05-01.221**, **24.05-01.222**, **24.05-01.223**, **24.05-01.224**,  
**24.05-01.225**, **24.05-01.226**, **24.05-01.227**, **24.05-01.228**  
Вестник МГУ. Сер. 1: Математика. Механика. 2024, № 4  
**24.05-01.32**  
Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 4  
**24.05-01.263**, **24.05-01.264**  
Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 5  
**24.05-01.265**  
Вестник МГУ. Серия 3: Физика. Астрономия. 2024. 79, № 6  
**24.05-01.79**  
Вестник Московского авиац. ин-та. 2024. 31, № 2  
**24.05-01.31**, **24.05-01.44**, **24.05-01.45**  
Вестник Пермского национального исследовательского  
политехнического университета. Механика. 2024, № 1  
**24.05-01.23**  
Вестник Пермского национального исследовательского  
политехнического университета. Механика. 2024, № 2  
**24.05-01.113**  
Вестник Пермского национального исследовательского  
политехнического университета. Механика. 2024, № 3  
**24.05-01.77**  
Вестник Пермского национального исследовательского  
политехнического ун-та. Аэрокосмическая техника. 2024, №  
2(77) **24.05-01.30**  
Вестник Пермского ун-та. Серия: Физика. 2024, № 3  
**24.05-01.15**, **24.05-01.16**  
Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2024. 25,  
№ 1 **24.05-01.259**  
Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. 2024. 25,  
№ 2 **24.05-01.49**  
Вестник РФФИ. 2024, № 1(121) **24.05-01.48**, **24.05-01.80**  
Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки.  
2024. 28, № 2 **24.05-01.46**, **24.05-01.272**  
Вестник Самарского гос. технич. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки.  
2024. 28, № 3 **24.05-01.47**  
Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1:  
Математика. Механика. Астрономия. 2024. 11, № 3  
**24.05-01.39**, **24.05-01.40**  
Вопросы инженерной сейсмологии. 2024. 51, № 2  
**24.05-01.135**  
Вопросы радиоэлектроники. 2021, № 2 **24.05-01.22**  
Вычислительная механика сплошных сред. 2023. 16, № 3  
**24.05-01.24**  
Вычислительная механика сплошных сред. 2024. 17, № 1  
**24.05-01.25**  
Вычислительная механика сплошных сред. 2024. 17, № 2  
**24.05-01.18**, **24.05-01.147**, **24.05-01.163**  
Вычислительная механика сплошных сред. 2024. 17, № 3  
**24.05-01.38**  
Геоматнезизм и аэрономия. 2024. 64, № 1 **24.05-01.249**,  
**24.05-01.250**, **24.05-01.251**, **24.05-01.252**  
Геоматнезизм и аэрономия. 2024. 64, № 2 **24.05-01.253**,  
**24.05-01.254**, **24.05-01.255**  
Гидроакустика. 2024, № 59 **24.05-01.8**, **24.05-01.50**,  
**24.05-01.74**, **24.05-01.75**, **24.05-01.81**, **24.05-01.95**,  
**24.05-01.96**, **24.05-01.97**, **24.05-01.141**, **24.05-01.188**  
Доклады академии наук республики Таджикистан. 2024. 67,  
№ 1-2 **24.05-01.198**  
Доклады академии наук республики Таджикистан. 2024. 67,  
№ 3-4 **24.05-01.199**  
Доклады Российской академии наук. Физика, технические  
науки. 2024. 514, № 1 **24.05-01.60**, **24.05-01.78**  
Доклады Российской академии наук. Физика, технические  
науки. 2024. 515, № 1 **24.05-01.34**, **24.05-01.63**,  
**24.05-01.69**, **24.05-01.129**  
Ж. эксперим. и теор. физ. 2024. 166, № 5 **24.05-01.262**  
Журнал технической физики. 2024. 94, № 10 **24.05-01.14**  
Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2024. 27, № 4  
**24.05-01.161**  
Известия вузов. Физика. 2024. 67, № 2 **24.05-01.201**  
Известия вузов. Физика. 2024. 67, № 4 **24.05-01.10**,  
**24.05-01.202**  
Известия вузов. Физика. 2024. 67, № 6 **24.05-01.28**,  
**24.05-01.160**  
Известия вузов. Физика. 2024. 67, № 9 **24.05-01.11**  
Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.  
2023, № 3 **24.05-01.26**, **24.05-01.187**  
Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.  
2023, № 4 **24.05-01.130**  
Известия высших учебных заведений. Авиационная техника.  
2024, № 1 **24.05-01.27**  
Инженерная физика. 2024, № 10 **24.05-01.195**  
Каротажник. 2024, № 1 **24.05-01.136**, **24.05-01.137**,  
**24.05-01.138**, **24.05-01.148**  
Каротажник. 2024, № 3 **24.05-01.139**, **24.05-01.140**  
Каротажник. 2024, № 4 **24.05-01.149**  
Каротажник. 2024, № 5 **24.05-01.150**, **24.05-01.151**,  
**24.05-01.152**  
Квантовая электроника. 2024. 54, № 1 **24.05-01.58**  
Квантовая электроника. 2024. 54, № 3 **24.05-01.59**  
Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 9 **24.05-01.155**,  
**24.05-01.156**, **24.05-01.157**, **24.05-01.158**  
Контроль. Диагностика. 2024. 27, № 10 **24.05-01.162**  
Кратк. сообщ. по физ. ФИАН. 2024. 51, № 10 **24.05-01.62**,  
**24.05-01.248**  
Мат. моделир. 2024. 36, № 5 **24.05-01.12**, **24.05-01.29**,  
**24.05-01.66**, **24.05-01.131**, **24.05-01.189**, **24.05-01.190**,  
**24.05-01.191**, **24.05-01.192**, **24.05-01.193**, **24.05-01.194**  
Морской вестник. 2024, № 3 **24.05-01.200**  
Морской сборник. 2024, № 4 **24.05-01.73**  
Оптический журнал. 2024. 91, № 11 **24.05-01.260**,  
**24.05-01.261**  
Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 1 **24.05-01.7**,  
**24.05-01.229**, **24.05-01.230**, **24.05-01.231**, **24.05-01.232**,  
**24.05-01.233**, **24.05-01.234**, **24.05-01.235**, **24.05-01.236**,  
**24.05-01.237**, **24.05-01.238**  
Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 2 **24.05-01.239**,  
**24.05-01.240**, **24.05-01.241**, **24.05-01.242**  
Письма в Астрон. ж. 2024. 50, № 3 **24.05-01.243**,  
**24.05-01.244**, **24.05-01.245**, **24.05-01.246**, **24.05-01.247**  
Письма в ЖЭТФ. 2024. 120, № 2 **24.05-01.266**  
Письма в ЖЭТФ. 2024. 120, № 5 **24.05-01.267**  
Письма в ЖЭТФ. 2024. 120, № 6 **24.05-01.268**,  
**24.05-01.269**  
Письма в ЖЭТФ. 2024. 120, № 7 **24.05-01.57**, **24.05-01.270**  
Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.  
2024, № 8 **24.05-01.42**  
Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика.  
2024, № 10 **24.05-01.43**  
Прикладная физика и математика. 2024, № 5 **24.05-01.61**  
Тр. МФТИ. 2020. 12, № 4 **24.05-01.13**  
Тр. МФТИ. 2024. 16, № 4 **24.05-01.41**  
УФН. 2024. 194, № 9 **24.05-01.9**  
УФН. 2024. 194, № 10 **24.05-01.197**, **24.05-01.271**  
Ученые записки физического ф-та МГУ. 2024, № 3  
**24.05-01.134**, **24.05-01.196**, **24.05-01.256**, **24.05-01.257**  
Ученые записки физического ф-та МГУ. 2024, № 4  
**24.05-01.258**

Ученые записки физического ф-та МГУ. 2024, № 5  
**24.05-01.56**  
 Физика твердого тела. 2024. 66, № 9 **24.05-01.153,**  
**24.05-01.154**  
 Экологические системы и приборы. 2024, № 8 **24.05-01.70,**

**24.05-01.71**  
 Экологические системы и приборы. 2024, № 10 **24.05-01.72,**  
**24.05-01.133, 24.05-01.186**  
 Южно-Сибирский научный вестник. 2024, № 4 **24.05-01.37**

### Конференции и сборники

Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики  
 (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник  
 докладов научно-технической конференции молодых  
 ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября  
 2023 года. СПб. 2024 **24.05-01.17, 24.05-01.19,**  
**24.05-01.20, 24.05-01.21, 24.05-01.33, 24.05-01.51,**  
**24.05-01.52, 24.05-01.53, 24.05-01.54, 24.05-01.55,**  
**24.05-01.64, 24.05-01.65, 24.05-01.68, 24.05-01.76,**  
**24.05-01.82, 24.05-01.83, 24.05-01.84, 24.05-01.85,**  
**24.05-01.86, 24.05-01.87, 24.05-01.88, 24.05-01.89,**  
**24.05-01.90, 24.05-01.91, 24.05-01.92, 24.05-01.93,**  
**24.05-01.94, 24.05-01.98, 24.05-01.99, 24.05-01.100,**  
**24.05-01.101, 24.05-01.102, 24.05-01.103, 24.05-01.104,**  
**24.05-01.105, 24.05-01.106, 24.05-01.107, 24.05-01.108,**  
**24.05-01.109, 24.05-01.110, 24.05-01.111, 24.05-01.112,**  
**24.05-01.114, 24.05-01.115, 24.05-01.116, 24.05-01.117,**  
**24.05-01.118, 24.05-01.119, 24.05-01.120, 24.05-01.121,**  
**24.05-01.122, 24.05-01.123, 24.05-01.124, 24.05-01.125,**  
**24.05-01.126, 24.05-01.127, 24.05-01.128, 24.05-01.142,**  
**24.05-01.143, 24.05-01.144, 24.05-01.145, 24.05-01.146,**  
**24.05-01.159, 24.05-01.164, 24.05-01.165, 24.05-01.166,**  
**24.05-01.167, 24.05-01.168, 24.05-01.169, 24.05-01.170,**  
**24.05-01.171, 24.05-01.172, 24.05-01.173, 24.05-01.174,**  
**24.05-01.175, 24.05-01.176, 24.05-01.177, 24.05-01.178,**  
**24.05-01.179, 24.05-01.180, 24.05-01.181, 24.05-01.182,**  
**24.05-01.183, 24.05-01.184, 24.05-01.185**

### Книги

Гидроакустическое телеуправление. Библиотека  
 инженера-гидроакустика. Л.: Судостроение. 1985  
**24.05-01.3К**  
 Живые локаторы океана. Библиотека  
 инженера-гидроакустика. Л.: Гидрометеиздат. 1980  
**24.05-01.2К**  
 Измерение в промышленности. Справочник, под ред. П.  
 Профоса, пер. с немецкого, 2-е изд., перераб. и дополн. Т.3.  
 М.: Металлургия. 1990 **24.05-01.5К**

Обнаружение сигналов в нестационарных гидроакустических  
 условиях. Библиотека инженера-гидроакустика. Л.:  
 Судостроение. 1987 **24.05-01.4К**  
 Прикладные технологии гидроакустики и гидрофизики  
 (МАГ-2023). 90 лет российской гидроакустике. Сборник  
 докладов научно-технической конференции молодых  
 ученых и специалистов. Санкт-Петербург, 25–27 октября  
 2023 года. СПб. 2024 **24.05-01.1К**

## СОДЕРЖАНИЕ

Библиография . . . . .	24.05-01.1
Персоналии . . . . .	24.05-01.6
Классические проблемы линейной акустики и теории волн . . . . .	24.05-01.10
Нелинейная акустика . . . . .	24.05-01.49
Физическая акустика . . . . .	24.05-01.51
Акустика океана, гидроакустика . . . . .	24.05-01.68
Атмосферная и аэроакустика . . . . .	24.05-01.129
Акустика структурно неоднородных сред; Геологическая акустика . . . . .	24.05-01.134
Акустическая экология; Шумы и вибрации . . . . .	24.05-01.141
Акустика помещений; Музыкальная акустика . . . . .	24.05-01.142
Обработка акустических сигналов; Компьютерное моделирование . . . . .	24.05-01.143
Акустика живых систем; Биологическая акустика . . . . .	24.05-01.144
Физические основы технической акустики . . . . .	24.05-01.143
Акустика в инженерном деле . . . . .	24.05-01.164
Физика . . . . .	24.05-01.189
Астрономия . . . . .	24.05-01.198
Авторский указатель Указатель источников	